Der

ehrwürdigen

königlich bairischen

Akademie der Wissenschaften

zu München

ehrfurchtsvoll

überreicht

<36607094560013

<36607094560013

Bayer. Staatsbibliothek

von dem Verfasser.

Phys. g. 172a-1
R

Anfangsgründe

der dynamischen

Naturlehre

abgefaßt

von

Friederich Hildebrandt

der Physik und Chemie ordentlichem öffentlichen Lehrer auf der Universität zu Erlangen, Königl. Preuss. Hofrathe, der kais. österreich. Akademie der Naturforscher, der Akademie nützlicher Wiss. zu Erfurt, der med. Gesellschaften zu Paris und zu Brüssel, der phys. und der mineralog. zu Jena, der phys. zu Göttingen, der westphäl. ökonom. Gesellschaft, Mitgliede, der Gesellschaft der Wiss. zu Göttingen Correspondenten

Mit vier Kupfertafeln.

Erlangen

in der Waltherschen Verlagshandlung.

1807.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Meinem verehrungswürdigen

Lehrer und Freunde

dem Herrn

Carl Christian Langsdorf,

Großherzogl. Badischen geheimen Hofrathe, ordentlichem Professor der Mathematik und Technologie auf der Universität zu Heidelberg, der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, imgleichen der zu Haarlem, der Akademie der Naturforscher, der Akademie nützl. Wiss. zu Erfurt, der mathemat. Gesellschaft daselbst ꝛc.

Mitgliede.

Wenn das fest umfassende Band einer reinen Freundschaft fast allein dem jugendlichen Alter seine Entstehung verdankt, in welchem wir ohne bedächtliches Ueberlegen dem Gefühle der Anziehung folgen, so kann dennoch das, welches mich an Sie fesselt, den Beobachter der Menschheit lehren, wie auch Männer noch fähig seyn, ein solches Band zu knüpfen, ohne durch die gemeinen Hindernisse des vielfachen Eigennutzes davon abgehalten zu werden. Leider hat meine Jugend Ihre nicht gekannt; Ihre akademischen Jahre sind den meinigen voran gegangen; auch dann noch, als ich schon in Erlangen akademischer Lehrer war, hatte nur Ihr klassisches Werk über die Salzwerkskunde Sie mir als den Mathematiker und Technologen gezeigt. Wie Sie dann im Jahre 1797 das Amt eines Salinendirectors mit dem eines akademischen Lehrers vertauschten und ich nachher das Glück hatte, Ihr College in der philosophischen Facultät

tät zu werden, brachten Verhältnisse und Begebenheiten uns einander täglich näher: so entstand unter uns beiden jene seit einem Jahrzehend mich beglückende Freundschaft, welche, durch keine Entfernung erkaltend, sich in jedem Wechsel unserer Schicksale bewährt. Ihre Trennung von Erlangen war eine der traurigsten Begebenheiten meines Lebens: aber in den öden Wäldern von Litthauen, wie an dem anmuthigen Gestade des Neckars, waren und sind Sie immer derselbe für mich, der edle biedere Freund, in dem ich nicht nur den Gelehrten hochachte, sondern auch den Menschen liebe.

Als nach dem Abgange unseres trefflichen Mayers von Erlangen, den Georgia Augusta in die Zahl ihrer Lehrer zurückrief, das Curatorium unserer Universität, seine beiden Lehrämter unter uns beide vertheilend, Ihnen zur Technologie die Mathematik, mir zur Chemie die

Physik übertrug; fühlt' ich mich diesem neuen Lehramte nicht gewachsen, zumal indem ich in Ihnen einen Collegen hatte, der sich ganz anders zur Mathematik, als ich zur Physik, verhielt. Da meine Neigung zu diesem Fache, die ich von Jugend auf gehabt hatte, und der Wille des Curatoriums mir doch nicht gestatteten, die Uebertragung zu verbitten, so faßte ich, wie Sie wissen, den Vorsatz, mich diesem Fache ganz zu widmen, und der medicinischen Praxis ganz zu entsagen. Das Vergnügen, welches ich damals hatte, mit jungen Männern, (Böckmann, Hammer, Löw, 2c.) die Ihnen, Ihrem Lehrer, Ehre machen, Ihr Zuhörer in der Algebra und in der Maschinenlehre zu seyn, bestärkten mich in diesem Vorsatze. Allein, wie Sie auch noch selbst beobachtet haben, es ist mir bei meinen vielfachen collegialischen, freundschaftlichen und anderen Verhältnissen nicht möglich gewesen, ihn auszuführen; noch

jezt

jezt nimmt mir die medicinische Praxis nicht allein jede Erholungsstunde, sondern sie hindert mich auch so ganz und gar an der Vollendung so mancher physikalischer und chemischer Untersuchungen, die ich seit Jahren anfieng, daß ich für Physik und Chemie nichts thun kann, als in den Anfangsgründen derselben unterrichten. Ob und in wie fern ich wenigstens dazu tauge, davon mag Ihnen und anderen Physikern dieser Versuch einer systematischen Uebersicht der gesammten Physik einige Rechenschaft geben.

Unwandelbar

Erlangen am 4. April 1807.

Ihr Sie verehrender und liebender Freund

Friederich Hildebrandt.

Vorrede.

Was man unter dem Namen Physik in einem halbjährigen Cursus auf Universitäten zu lehren pflegt, kann nur eine encyklopädische Uebersicht einer Wissenschaft seyn, welche kaum das lange und emsige Leben eines Euler in allen ~~seinen~~ Theilen erschöpft. In so fern akademische Vorlesungen, die mit Ordnung, Gründlichkeit und Deutlichkeit gehalten werden, ihren unleugbaren Nutzen haben, um das Studium einer Wissenschaft zu begründen, und zu lehren, auf welche Weise man es fortsetzen soll, ist auch als bloße akademische Vorlesung jene Uebersicht dem Arzte, dem Cameralisten als Technologen, vollends dem angehenden Naturforscher von Profession, viel zu wenig; ihnen sind besondere Vorlesungen über einzelne Theile der Naturlehre nöthig. Indessen ist doch auch eine solche Uebersicht nicht nur für den bloßen Dilettanten ein Bedürfniß, der nicht Zeit oder nicht Lust hat, sich tiefer in die Kenntniß der Natur einzulassen, sondern auch für den, welcher den Vorsatz hat, sie gründlicher zu studiren, um ihn auf die Vorlesungen über einzelne Theile der Naturlehre vorzubereiten.

Ich bin daher, obwohl ich die Kosmologie ꝛc. die reine Chemie, die Pharmacie, die (übrige) technische Chemie und Metallurgie, auch das, was heutiges Tages Naturphilosophie heißt, in besonderen Vorlesungen lehre, dennoch verpflichtet, unter dem Namen: Experimental-Physik, eine solche Uebersicht zu geben. Dieser soll das Buch, welches ich hier dem Drucke übergebe, als eine Grundlage dienen, an welche meine Zuhörer sich halten können,

um

um meinem Vortrage zu folgen, ihn zu verstehen und mit häuslichem Fleisse zu benutzen.

Um das Buch aus dem rechten Gesichtspuncte anzusehen und mit Billigkeit über dasselbe ein Urtheil zu fällen, darf man nicht vergessen, daß es nur den Zweck habe, Anfänger zu unterrichten, und daß es zu der Naturlehre sich verhalten solle, wie das Abc einer Sprache zu der Sprache selbst.

Fragt man aber, warum ich denn in unseren bücherreichen Zeiten, und bei der großen Zahl physikalischer Lehrbücher es unternommen habe, die Zahl derselben mit einem neuen zu vermehren, da selbst Lichtenberg, der doch wohl ein besseres, als dieses, hätte schreiben können, immerfort das Erxlebensche Lehrbuch beibehielt, und lieber eine Menge Anmerkungen und Einschaltungen in dasselbe machte; — so antworte ich darauf, daß — wenigstens ein äusserer — Beruf mich dazu antrieb.

Ein äusserer; — in sofern mein Lehramt mich dazu verpflichtet. Denn auch diese, nur eine encyklopädische Uebersicht gewährende Vorlesung, welcher dieses Buch als Grundlage dienen soll, kann bei der Menge von Gegenständen, und bei der grossen Zahl anzustellender Versuche, nur sehr dürftig und unvollständig ausfallen, wenn man nicht alle ersinnliche Hülfsmittel der Zeitersparung zu Hülfe nimmt.

Den mechanischen Theil fast ganz zu übergehen, und ihn den Vorlesungen über die angewandte Mathematik zu überlassen, mögte eine sehr nachtheilige Abkürzung seyn, einmal, weil der Lehrer der angewandten Mathematik, welcher mit dem höheren und schwereren seiner Wissenschaft genug zu schaffen hat, bei den ersten Anfangsgründen der mathematischen Physik sich nicht zu verweilen, sondern sie als aus jenen

jenen Vorlesungen bekannt voraus zu setzen pflegt; zweitens, weil viele Studirende die angewandte Mathematik nicht hören, denen doch schon fürs gemeine Leben die elementarischen Kenntnisse von der Zerlegung der Kräfte, vom Hebel, von der schiefen Ebene, von der Reibung, vom specifischen Gewicht, vom hydrostatischen Drucke rc. unentbehrlich sind; und zum dritten, weil der mechanische Theil auf den chemischen einen wichtigen Einfluß hat. Mechanische Bewegungen entstehen oft aus chemischen und umgekehrt; mechanische Mittel dienen, um die Körper zu chemischen Processen vorzubereiten; mechanische Untersuchungen, Prüfung der Cohäsion, Abwägen im Wasser, Verdünnung und Zusammendrückung der Luft, Anwendung der Barometer, Thermometer, rc. müssen den chemischen zu Hülfe kommen; Berthollet's wichtige Lehre von der chemischen Masse (besser vom chemischen Momente) kann ohne Kenntniß des Hebels gar nicht verstanden werden; in den Lehren von der Elektricität und und vom Magnetismus, obwohl sie eigentlich der chemischen Physik angehören, trifft dennoch diese so vielfach mit der mechanischen zusammen, daß man sie ehedem ganz zu dieser zog, und in der Chemie von ihnen keine Notiz nahm.

Ich habe daher bloß die Anfangsgründe der Optik und Akustik für besondere Supplementstunden abgesondert; (auch diese nur so, daß sie denselben Zuhörern gewidmet sind, welche die allgemeine Physik besuchen;) diese kann ich, als mehr von den übrigen Theilen isolirt, am bequemsten trennen, ohne daß dem, welcher dasmal die Supplementstunden nicht besucht, der chemische Theil unverständlich wird.

Aber ich werde eine sehr beträchtliche und nützliche Zeitersparung gewinnen, wenn mein Vortrag künf-

künftig von meinem eigenen Lehrbuche geleitet wird; denn ich kann dann stets meinem eigenen Ideengange folgen, ohne ihn einem fremden anschmiegen zu müssen, oder die Zuhörer im Lehrbuche bald vorwärts, bald rückwärts zu weisen, wenn ich die Ordnung abzuändern nöthig finde. Die Erfahrung hat mich gelehrt, welche Erläuterungen, (besonders die, welche einigermaaßen mathematisch sind, Formeln und Figuren erfordern,) am meisten aufhalten, (indem man durch mehrmaliges Wiederholen und Hinweisen an die Tafel verhüten muß, daß von den Nachschreibenden (deren bei mir immer sehr viele sind,) nichts unrichtig aufgeschrieben werde.) Gerade diese habe ich in den Noten so weit beigefügt, als es zu dem Zwecke mir nöthig schien. Durch diese Erläuterungen ist das Buch auch von den bloß zum Leitfaden für Vorlesungen bestimmten Compendien unterschieden, indem ich hoffe, daß es einem guten Kopfe, der gerade nicht in der Lage ist, akademische Vorlesungen besuchen zu können, dazu dienen könne, die Anfangsgründe der Physik für sich zu studiren, so weit das ohne Experimental-Unterricht geschehen kann. Ein guter Physiker wird dennoch (nicht allein durch die mit Notenschrift unter die §§. gegebenen Hinweisungen,) zu Beifugen und Erläuterungen, wichtige Veranlassung finden.

Seitdem die Lehre von der Elektricität, welche die alte, fast bloß mechanische Physik, als einen unzusammenhängenden Anhang, in der Gestalt eines spielenden Kindes nach sich schleppte, unter der Pflege scharfsinniger Denker und fertiger Experimentatoren zu einem Riesen herangewachsen ist, der nicht allein Magnetismus und Galvanismus in sich trägt, sondern das ganze Gebiet der chemischen Physik umfaßt, sind Physik und Chemie mit einander in eine

wohlthätige Verbindung getreten, und die Philosophie der Naturlehre vereinigt, was nur die mangelhafte Kenntniß getrennt hatte, zu Einer Wissenschaft.

Ich habe gewünscht, ja ich darf sagen, ich bin von einem Drange getrieben worden, die Einheit dieser Wissenschaft in einem kurzen Inbegriffe darzustellen. Aber ob ich auch: „ein innerer Beruf" sagen darf? Der bloße Drang, etwas zu schreiben, macht den inneren Beruf nicht aus: es gehört auch die gegründete Ueberzeugung, nicht aus Eigenliebe hervorgehende Täuschung, dazu, daß man dazu fähig sey. Daher muß ich das Urtheil darüber Männern überlassen, welche zugleich Kenner der Wissenschaft und des akademischen Unterrichts sind. Ich erlaube mir nur sie darauf aufmerksam zu machen, daß ich in der Anordnung der Kapitel und Sätze meinen eigenen Gang gieng, und vielleicht auch mehreren Gegenständen eine eigene Darstellung gab.

Was die erstere betrifft, so ist es freilich, zumal im chemischen Theile, nicht wohl möglich, durchaus eine solche Ordnung, wie in der Mathematik, zu halten, so daß alles folgende nur aus dem vorhergehenden erklärt und bewiesen wird. Es kann z. E. in dem Kapitel von der Cohäsion nicht vermieden werden, schon von Krystallisation, Flüssigkeit, Luft, ꝛc. zu reden, obwohl die Natur der Flüssigkeit und ihrer Arten erst im Kapitel von der Wärme, die der Krystallisation erst in dem vom Magnetismus begriffen werden kann; in dem von der Wärme, welches in so viele andere eingreift, ist es unvermeidlich, schon von Mischungen, von Verschiedenheiten der Materie, ꝛc. zu reden, die erst im Kapitel vom chemischen Processe ihre Erklärung erhalten ꝛc. und bei einer Umkehrung der hier beobachteten Ordnung würde man noch weniger verständ-

ständlich seyn. Allein so viel es sich nach meiner Einsicht thun ließ, habe ich dafür zu sorgen gesucht. Daher geht der ganze mechanische Theil (die Lehre von der Bewegung ganzer Körper oder von der äussern Bewegung) dem chemischen Theile (der Lehre von der innern Bewegung oder von der Wirkung der Grundkräfte im Innern der Körper), das Kapitel von der Bewegung dem von der Bildung der Materie, (weil man die Materie nicht ohne den Begriff von bewegender Kraft construiren kann,) das von der Electricität dem vom chemischen vor, weil der eigentliche oder dynamisch-chemische Proceß auf ihr beruht. In dem gewöhnlich auf die Hydrostatik folgenden Kapitel, das man: „von der Luft" zu überschreiben pflegt, rede ich bloß: „von der Bewegung der Luft", weil es eben so unschicklich ist, dort von allen Gasarten in Rücksicht auf ihre materiellen Verschiedenheiten zu reden, als es seyn würde, in der Hydrostatik diese Verschiedenheiten des Oeles, Quecksilbers u. a. Liquida zu zeigen.

Was die leztere betrifft, so ist allerdings die Dynamik des unsterblichen Kant auch die Grundlage meines Systems. Schelling, obwohl ausserdem originell in seinen Ansichten und Darstellungen, ist in seiner Naturphilosophie ebenfalls von Kant's Dynamik ausgegangen; ich mögte sagen, er ist auf Kant's Schultern gestiegen, um aus einem noch höheren Standtpuncte, wie Kant, das Weltall anzuschaun. Die Ideen: die Dehnkraft, das Allgemeine, das Wesen, vereinigen sich doch in einer, — die Ideen: die anziehende Kraft, das Besondere, die Form, wieder in einer Idee. Obwohl ich da, wo er sich in Mystik verirret, ihm mit meiner nüchternen Unbefangenheit

nicht folgen kann, so verkenne ich doch den begeisterten Seher nicht, welcher tieferen Blicks in das Innere der Natur schaute, so weit das dem erschaffenen Geiste, (die neuere Schule mag mir diesen alten Ausdruck zu gute halten,) möglich ist. Daher bin ich einem großen Theile seiner Ansichten, nicht aus blinder Verehrung seines Ansehens, sondern aus innigem Beifalle, gefolgt. Allein ich kann mich freilich nicht überzeugen, daß das Licht = Schwerkraft sey. Soll die Lehre vom Dualismus der Dehnkraft und anziehenden Kraft in der Körperwelt folgerecht durch die ganze Naturlehre durchgeführt werden, so muß man das Licht als die (nur dem erhabensten und geistigsten aller Sinne empfindbaren) Erscheinung der Dehnkraft selbst betrachten, die sich noch nicht mit anziehender zur Materie verbunden hat, so wie dann hingegen die Schwerkraft mit der anziehenden identisch ist.

Ich finde mich genöthigt, bei der Anerkennung des Bestrebens nach Gleichgewicht in der Natur (§. 122 b. c. d.) das Anziehen (Schwere, Adhäsion, Cohäsion), als Wirkung einer Grundkraft, nämlich der, welche davon anziehende heißt, von einem ganz anderen Etwas, nämlich dem Bestreben beider Grundkräfte, sich mit einander zu vereinigen (§. 120. b.), zu unterscheiden. Von dem lezteren leite ich Magnetismus, Elektricität, und den chemischen Proceß des zweiten Grades her.

Die gleiche Unterscheidung ist mir bei dem chemischen Processe nothwendig geworden. Die eine Art desselben, der chemische Proceß im ersten Grade, oder der mechanisch-chemische Proceß (Zusammenschmelzung von Kupfer und Zink, Mischung des Kampfers mit Oel, Lösung des Salzes im Wasser ꝛc.) muß der anziehenden Kraft allein;

der

der chemische Proceß im zweiten Grade, der dynamisch-chemische Proceß (die Verbrennung, die Mischung von Kali und Säure) muß dem Bestreben der beiden Grundkräfte sich mit einander ins Gleichgewicht zu setzen, zugeschrieben werden.

Soll eine Naturlehre dynamisch seyn, so muß sie freilich nicht bloß in der Einleitung dem dynamischen Systeme beipflichten, und in der Folge es zu vergessen scheinen; sondern alle Erklärungen müssen dynamisch seyn. Daher hat natürlich in meinem Buche ein Wärmestoff eben so wenig etwas zu thun, als ein Schwerstoff; die Lehre von dem dynamisch-chemischen Processe kann nicht in das Kapitel von der Cohäsion eingewebt werden, die Lehre von der Cohäsion gewinnt ein anderes Ansehen (§. 161—164); einer Luft muß ich auch dann, wenn sie gar nicht zusammengedrückt ist, eine bestimmte Raumerfüllung zustehn (§. 417. 122) ꝛc. In wie fern ich mich dennoch hie und da des Ausdrucks Atome, bediene, ohne eine erklären sollende Atomistik zuzulassen, darüber habe ich mich §. 59 erklärt.

Der Lehre vom Hebel habe ich dadurch hinlängliche Deutlichkeit zu geben gesucht, daß ich nicht bald vom Hebel überhaupt, bald vom Hebel mit Gewichten rede, sondern zuerst nur den besondern Fall eintreten lasse, in welchem ein, eigentlich so zu nennender, Hebel, nur in Einer senkrechten Ebene beweglich ist, und seine Kraft und Last Gewichte sind; dann den Begriff erweitere, indem ich erst statt der Gewichte andere Kräfte setze, darauf auch den Hebel in anders liegenden Ebenen sich bewegen lasse. In der Lehre von der Reibung habe ich geglaubt, auf zwei sehr verschiedene Hindernisse, 1) Rauhigkeit, deren Erhabenheiten wirklich im Wege liegen, und

Um-

Umwege in Absätzen erzwingen, 2) Anziehung vermöge der Glätte, welche die Berührungspuncte vermehrt, unterscheiden zu müssen. Ob ich in dem Beweise von dem Verhältniß der Höhe des Quecksilbers in Haarröhrchen zu dem hydrostatisch dagegen drückenden (§. 348) glücklich gewesen sey, mögen kundige Richter entscheiden ꝛc.

Die beigebrachte Literatur ist dem Zwecke gemäß nur kurz, und betrifft ausser der Hinweisung auf einzelne merkwürdige Stellen in Schriften nur die vorzüglichsten, mit Angabe der wichtigsten historischen Notizen.

Eine vollständige Physik begreift auch die ganze angewandte Mathematik, so weit diese es mit physikalischen Gegenständen zu thun hat. Nur in so fern erstreckt diese sich weiter, als sie auch auf die Technologie des gemeinen Lebens sich einläßt; und selbst diese ist doch als eine praktische Physik anzusehen. In dem Unterrichte über die Anfangsgründe der Physik läßt sich diese, da sie, als Physik, es nur mit den Qualitäten, nicht mit den Quantitäten zu thun hat, von der Mathematik füglich trennen. Daher hab ich, dem Zwecke des Buchs gemäß, mich auf mathematische Untersuchungen gar nicht eingelassen. Allein ganz ohne mathematische Bestimmungen von Verhältnissen, ohne leichte arithmetische Formeln, leichte geometrische Demonstrationen, kann man auch die ersten Anfangsgründe dieser Wissenschaft nicht lehren: und was ich von dieser beigebracht habe, ist so leicht und faßlich, daß ein jeder Anfänger in der Mathematik es verstehen kann, wenn er nur die Anfangsgründe der Buchstabenrechnung, der Geometrie und ebenen Trigonometrie inne hat.

Der

Der neuen Theorie meines Freundes Langsdorf habe ich nicht erwähnt, um ihm ein Compliment zu machen, welches ihm wohl eben so unnütz als gleichgültig seyn müßte; sondern weil ich in der Einleitung, da wo ich von Atomen der Masse rede, nicht vermeiden konnte, auch von Atomen des Raums zu reden. Ich fühle wohl, daß ich im §. 51 Langsdorf's Sinn nicht eigentlich getroffen habe, und ein Widerspruch in meinem §. zu liegen scheint. Allein, bei näherer Prüfung wird man finden, daß es nur so scheine, obwohl ich gar nicht läugne, das Langsdorf's Ansicht seiner Theorie und die meinige derselben nicht ganz übereinstimmend sind.

Schliessend muß ich bedauren, daß der langsame Fortgang des Druckes es unmöglich gemacht hat, das Ganze zur Ostermesse zu senden, sondern das Buch mit dem Ende des mechanischen Theils hat abgeschnitten werden müssen. Der andere, chemische, Theil, welcher die Kapitel: von der Wärme, von dem Lichte, von dem Magnetismus, von der Elektricität, von dem Galvanismus, von dem chemischen Processe, von der Verschiedenheit der Materie, enthält, wird, da im Drucke unablässig fortgefahren wird, in etwa zwölf Wochen abgedruckt seyn.

Nach-

Nachtrag zu S. 12.

R. J. Haüy Handbuch der Physik aus d. franz. übers. und mit Anm. u. Zusätzen vermehrt von **Christian Samuel Weiß.** I. II. Leipz. 1805. 8.

Johann Gottlieb Friedrich Schrader Grundriß der Experimental-Naturlehre nach den neuesten Entdeckungen. Zweite Ausg. verbess. und theils umgearb. von **Ludwig Wilhelm Gilbert.** Hamb. 1804. 8.

* * *

Dictionnaire de physique par Mr. Sigaud de la Fond. IV Tomes. Paris 1781. 8.

Dictionnaire raisonné de Physique par Mr. Brisson. II Tomes. Paris 1781. 4.

Johann Samuel Traugott Gehler physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Kunstwörter der Naturlehre in alphabetischer Ordnung. 4 Bände. Leipz. 1787. 8. Neue Auflage. Leipz. 1798. 8. Supplementband. 1788. 8. Registerband.

Joh. Carl Fischer's physikalisches Wörterbuch oder Erklärung der vornehmsten zur Physik gehörenden Begriffe und Kunstwörter in alphabetischer Ordnung. 5. Bände. Göttingen 1798. 8. Supplementband. 1805. 8.

Berichtigungen.

§. 96 Zeile 3 von unten statt: abhangen lies: abhängt
§. 104 — 7 st. ae l. ab
§. 110 — 4 st. Theilen l. Zeiten
§. 123 — 1 st. §. 129. l. §. 55
§. 177 b. Z. 5 von unten nach: Hämmern, füge hinzu: Pressen in Streckwerken, Drathzügen
Seite 144 Zeile 1 streiche: Geisfüße, weg, und setze es Zeile 5, hinter: Sensen
— 163 — 6 von unten statt: Sinus ang z l. Sinus ang y
— 171 — 17 st. m setze a
— 221 — 11 von unten, st. dennoch setze demnach
§. 323 Z. 3 lies: dg, hc, ng
— 317 — 8 statt: a lies b
Seite 232 Z. 9. lies: mit dem Gewichte
§. 348. Z. 6 von unten, lies: die Höhe
Seite 255 Z. 6 statt: zerstossenes lies: zerflossenes
— 270 — 16 st. 100 l. 1000
— 272 — 3 st. schweren l. schwereren
— — — 6 von unten lies: wenn man sie gleich nimmt.
§. 422 Zeile 6 statt Anwendung l. Aenderung
§. 455 — 14 st. tr l. ts

Einleitung.

§. 1.

Unter dem Namen **Natur** verstehen wir hier das, was man sonst auch die Körperwelt nennt: wie sie dem Menschen erscheint, und über die Gränzen der Erscheinung hinaus von ihm gedacht werden kann.

Verschiedene Bedeutungen des vieldeutigen Namens **Natur**. Natura *naturans* und Natura *naturata* der Scholastiker.

§. 2.

Schon die Bedürfnisse des gemeinen Lebens nöthigen den Menschen, in der Natur sich umzusehn, die tausend Quellen seines Vergnügens und seiner Plagen aufzusuchen, und die Körper zu prüfen, in wie fern er sie zu seiner Nahrung oder Bekleidung, zum Schutze gegen Wind und Wetter, zu Waffen gegen seine Feinde zubereiten und gebrauchen kann. So entstand die niedere Kenntniß der Natur, welche bloß von der Erfahrung ausgeht, und von analogischen Schlüssen begründet wird.

§. 3.

Aber es gab auch, und schon in den ältesten Zeiten, unter der Menge derer, denen diese niedere Kenntniß das höchste Ziel ist, einige vorzügliche Menschen, welche, zu Sehern geboren, in der Ahndung ihres göttlichen Ursprungs, den Fesseln des Erdenlebens und der Sinnlichkeit sich entwindend, mit stärkerer Geisteskraft strebten, die Natur in ihrem Inneren zu erkennen und die Geheimnisse der Schöpfung zu enthüllen.

§. 4.

So entstand eine höhere Kenntniß der Natur, und bildete, von emsigen Forschern gepflegt, vorzüglich unter den Nationen des Abendlandes in den lezteren Jahrhunderten, zu einer Wissenschaft sich aus. Wir nennen diese von ihrem Gegenstande **Naturkunde** (*Physica*).

§. 5.

Sie war und ist in dem Geiste der Naturforscher subjectiv. Aber Sprache und Schrift haben es möglich gemacht, was große Geister gedacht und ausgesprochen hatten, der Nachwelt zu übergeben, und so existirt in unseren Zeiten und Gegenden eine Naturlehre, als erkennbares Object, das wir uns aneignen können, um auf dem Grunde, welchen die Physiker der Vorzeit legten, fortzubaun.

§. 6.

Das erste Geschäfft des Naturforschers ist, die Erscheinungen in der Natur, welche durch die Wege der Sinne ihm dargeboten werden, mit Aufmerksamkeit aufzufassen. Dadurch entsteht ihm für jede Erscheinung **Wahrnehmung**, und, indem er ähnliche Erscheinungen zu wiederholtenmalen von verschiedenen Seiten, unter verschiedenen Umständen wahrnimmt, **Beobachtung**.

§. 7.

Aus der Vergleichung der Beobachtungen mit einander entsteht die erste Stufe menschlicher Kenntnisse, welche man **Erfahrung** (*Experientia*) nennt. Die **wahre** Erfahrung ist wohl von der **falschen** zu unterscheiden, welche nur ein Schein von Kenntniß ist, der durch mangelhaftes Auffassen einzelner Erscheinungen entsteht.

Joh. Georg Zimmermann von der Erfahrung in der Arzneikunst. I. II. Zürich 1764. 8.

§. 8.

Schon die Natur an sich selbst, ohne durch den Menschen verändert zu werden, bietet reichlichen Stoff zu Beobachtungen dar. Oft aber muß der Naturforscher, um zur hinlänglichen Erfahrung über einen Gegenstand der Wahrnehmung zu gelangen, selbst die Natur verändern, irgendwo Erscheinungen zu veranlassen, welche ausserdem da-

selbst nicht erfolgen würden. Alle Veränderung der Natur durch den Menschen heißt **Kunst**. Veränderungen, welche der Mensch in der Natur zu dem Zwecke anstellt, sie zu Erscheinungen für seine Beobachtung zu veranlassen, heissen **Versuche** (*Experimenta*).

§. 9.

Um solche Versuche leicht, zweckmäßig und genau anzustellen, hat die Kunst aus Holz, Metall, Glas u. a. Stoffen mancherlei **Werkzeuge** (*Instrumenta*) gebildet, deren Bildung selbst auf vorgängige Versuche und Beobachtungen gegründet ist.

Die Kunst, physikalische Versuche anzustellen, von dem Herrn Abt Nollet. Aus d. Franz. übersetzt. I. II. III. Leipz. 1771. 8.

§. 10.

Aus der bloßen Erfahrung geht die **Naturbeschreibung** (*Physiographia*) oder **Naturgeschichte** (*Historia naturalis*) hervor, welche nur die Erscheinungen, als solche, zum Gegenstande hat. Durch Abstraction dessen, was mehrere Körper mit einander gemein haben, entstehen die Begriffe von Arten (*Species*); durch Abstraction dessen, was mehrere Arten mit einander gemein haben, die Begriffe von **Gattungen** (*Genera*), u. s. w. von **Ordnungen** (*Ordines*), **Classen** (*Classes*) und **Reichen** (*Regna*) irdischer Körper. Durch

die

die Fortsetzung eben dieser Abstraction gelangen wir zu den Begriffen von Planeten, Sonnen und Sonnensystemen, endlich zu dem vom Körper überhaupt.

§. 11.

Das andere Geschäfft des Naturforschers ist, die **Gesetze** (*leges* naturae) zu finden, durch welche alles in der ganzen Natur nothwendig bestimmt wird, also auch die dem Menschen sich darstellenden Erscheinungen geschehen.

§. 12.

Das dritte besteht darin, die Erscheinungen zu **erklären**, d. h. sie genetisch zu begreifen, den Causalzusammenhang derselben zu entdecken, und für jede Erscheinung, so weit die Forschung reicht, den Grund nachzuweisen, durch den sie möglich wird.

§. 13.

Auf diesen beiden Geschäften (§. 11. 12) beruhet die **Naturlehre** (*Physiologia*), welche dann wieder entweder die allgemeinen Gesetze der Natur zu erforschen, den allgemeinen Causalzusammenhang der allen Körpern gemeinen Erscheinungen nachzuweisen strebt (**allgemeine** Naturlehre), oder (**besondere** Naturlehre) in eben diesem Bestreben einzelne Weltkörper, die Erde, — einzelne Reiche, Classen, Ordnungen, Gattungen, Arten, zum Gegenstande nimmt.

Die

Die Naturlehre (Physio*logia*) ist hier der Naturgeschichte (Physio*graphia*) entgegengesetzt worden, so daß beide Theile der **Naturkunde** (*Physica*) sind. Indessen ist es längst gewöhnlich worden, die Namen **Physik** und **Naturlehre** synonym zu nehmen, und den Namen **Physiologie** für die Physik der organisirten Körper zu gebrauchen.

§. 14.

Die gesammte Natur~~lehre~~kunde ist ein Werk des **Verstandes**, d. h. des Vermögens zu denken in dem menschlichen Geiste. Er ist schon in der Naturbeschreibung wirksam, indem wahre Erfahrung (§. 7) ohne Zuthun des Verstandes unmöglich ist, und die Anordnung der natürlichen Körper in Classen, Ordnungen ꝛc. geschieht durch eine Form des Denkens, welche die Logik mit dem Namen Abstraction bezeichnet. Vollends ist die Naturlehre (§. 13) ganz und gar dem Verstande angehörend, der, sie erzeugend, zwar aus der Erfahrung, aber zugleich aus einer höheren Quelle schöpft, welche jener in der Sphäre des Verstandes gleichsam entgegenkommt.

§. 15.

Diese höhere Quelle ist die **Vernunft**, bei allen Verschiedenheiten des menschlichen Geistes im Verstande, und den daraus entstehenden Meinungen und Widersprüchen, stets **eine** und dieselbe; die Stimme der Gottheit, welche der Mensch in

sich

sich selbst vernimmt. Aus ihr entspringt in dem menschlichen Geiste, sobald sie sich zur freien Thätigkeit entwickelt hat, das allgemeine Streben nach Wahrheit.

§. 16.

Der Verstand bildet aus den Vorstellungen, welche die Sinne ihm gewähren, **Begriffe**, und aus den Begriffen **Urtheile**, welche durch die Sprache ausgedrückt **Sätze** heissen. Gewisse Sätze, die **Grundsätze** (*Axiomata*), werden dem Verstande von der Vernunft gegeben; ihre Wahrheit erhellet unmittelbar: sie begründen alles Denken des Verstandes, mithin auch die ganze Naturlehre. Aber jede menschliche Bestimmung eines Naturgesetzes, jede menschliche Erklärung einer Erscheinung ist ein **Lehrsatz** (*Theorema*), dessen Wahrheit durch Schlüsse (ratiocinia) bewiesen werden muß.

§. 17.

Nur gewisse Sätze der Naturlehre können dergestalt unmittelbar oder mittelbar aus den von der Vernunft gegebenen Axiomen (a priori) abgeleitet werden, daß ihre Wahrheit, d. i. die Nothwendigkeit der in ihnen enthaltenen Bestimmung, bis zur Gewißheit bewiesen wird. Viele Lehrsätze können bloß aus der Erfahrung (a posteriori) bewiesen werden, und da die Beweise aus der Erfahrung keine völlige Gewißheit gewähren können, so ist bei die-

diesen nur Wahrscheinlichkeit zu erreichen möglich. Die a priori entstandene Kenntniß nennen wir eigentlich **Wissen**: die eigentlichen **Wissenschaften** sind nur auf diese gegründet. **Empirische Wissenschaften**, welche aus der Erfahrung schöpfen, werden nur uneigentlich so genannt, in so fern ihre Lehrmethode der in den eigentlichen Wissenschaften ähnlich ist, auch Sätze aus eigentlichen Wissenschaften in ihnen mit Erfahrungssätzen systematisch vereinigt werden können.

§. 18.

Lehrsätze, welche bis zur Gewißheit erwiesen worden, oder Erfahrungssätze, welche aus vollständiger Induction folgen, werden als **kategorische** Sätze; Sätze hingegen, welche nur wahrscheinlich sind, nur **hypothetisch** ausgedrückt, oder müssen doch so angesehen werden, und heissen daher **Hypothesen**. Sie sind, bei den noch vorhandenen Lücken in der Gewißheit unserer Kenntniß, unentbehrlich, um dem Ganzen der Naturlehre einen hinlänglichen wissenschaftlichen Zusammenhang zu verschaffen; sie erwecken neue Ideen und veranlassen neue Versuche, durch deren Erfolge die Wissenschaft bereichert wird. Allein der Naturforscher muß sich wohl hüten, sie für mehr, als das zu halten, was sie sind, um nicht auf eine falsche Hypothese eine andere falsche zu grüuden, und durch eine Reihe von falschen Hypothesen immer weiter von der Wahrheit entfernt zu werden.

§. 19.

Eine Hypothese ist nur dann in die Naturlehre aufzunehmen, wenn sie keinem schon eingesehenen Naturgesetze widerspricht. Sodann ist sie desto tauglicher, je ungezwungener und befriedigender sie alle Theile der Erscheinung erklärt, für welche sie angenommen wird.

§. 20.

Die gesammte Naturlehre ist ein Theil der **Philosophie**, wenn man unter diesem Namen alle Kenntnisse begreift, welche durch freie Wirkung des Verstandes, unabhängig von menschlichen Vorschriften, gebildet werden. Daher heißt bei den älteren Physikern die Naturlehre auch **Naturphilosophie** (*Philosophia naturalis*). Wenn aber der edle Name Philosophie nur dem Inbegriff der höchsten Kenntnisse gegeben werden soll, welche, beschäfftigt mit der Idee einer ewigen Welt, unabhängig von Erfahrung, aus der reinen Vernunft entspringen, so gehört nur der höhere Theil der Naturlehre zu der Philosophie. Diese, die eigentliche **Philosophie der Naturlehre**, beschäfftigt sich mit der Auflösung des Problemes, wie eine Natur möglich sey.

Gottlieb Ernst August Mehmel über das Verhältniß der Philosophie zur Religion. Erlangen 1805. 8. S. 1—81.

Friedrich Wilhelm Joseph Schelling's Ideen zu einer Philosophie der Natur. Leipz. 1797. 8. Zweite Ausg.

Ausg. 1803. 8. Deff. Bruno oder über das göttliche und natürliche Princip der Dinge. Berlin 1802. 8.

Joh. Jacob **Wagner** von der Natur der Dinge. Leipz. 1803. 8.

Friedrich **Bouterwek's** Anleitung zur Philosophie der Natur. Gött. 1803. 8.

§. 20.[b]

Der übrige Theil der Naturlehre, welcher doch über die niedere bloß empirische Naturkenntniß erhaben liegt, kann in **speculative Physik** und **Experimentalphysik** unterschieden werden. Diese beschäfftigt sich zunächst mit Versuchen, welche dazu dienen, die Gesetze der Natur (§. 11) a posteriori (§. 17) zu finden; jene hat es damit zu thun, sie a priori (Ebend.) zu bestimmen, und die Erscheinungen zu erklären (§. 12). Allein jene kann, da die Lehrerin Vernunft über die Körperwelt als solche wenig oder keine Belehrung giebt, ohne Experimentalphysik nicht bestehen, wenn sie nicht in Träume und Erdichtungen ausarten soll.

* *
*

Isaac Newton *philosophiae naturalis principia mathematica*. Lond. 1687. 4. 1726. 4.

Guil. Jacob. 's Gravesande *physices elementa mathematica*. Leid. 1719. 4. 1744. I. II. 4.

Christian Wolff's nützliche Versuche zu genauerer Erkenntniß der Natur und Kunst. I. II. III. Halle 1727 — 29. 8.

Petr.

Petr. van Musschenbroek *introductio ad philosophiam naturalem.* Lugd. Bat. 1762. I. II. Franz. Traduit par Pierre Massuet. Leid. 1739. 4.

Ejusd. *elementa physicae.* Lugd. Bat. 1741. 8.

Leçons de physique experimentale par Mr. l'Abbé Nollet. I—II. Paris 1743. 8. Deutsch: Erfurt 1749—1764. 8.

Joh. Andreas Segner Einleitung in die Naturlehre. Gött. 1746. 8. 1754. 8. 1770. 8.

(Leon. Euler) *lettres à une princesse d'Allemagne sur divers sujets de physique et de philosophie.* I—III. Mitau 1770—1774. 8. Deutsch: Leipz. 1769—1774. 8. Neue Ausg. von **Fr. Kries.** Gotha 1792.

Leçons de physique experimentale par Mr. Sigaud de la Fond. à Paris 1767. I. II. 12. Deutsch: Dresd. 1774. 8. Dess. *elemens de physique theorique et experimentale.* I—IV. Paris 1777. 8.

Joh. Christ. Polykarp Erxleben Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 1772. 8. 1777. 8. Mit Zus. von **Georg Christoph Lichtenberg.** Ebend. 1784. 8. 1787. 8. 1791. 8. 1794. 8.

Wenzesl. Joh. Gustav Karsten Anfangsgründe der Naturlehre. Halle 1780. 8. Zweite Auflage von **F. A. C. Gren.** Ebend. 1790. 8.

I. H. van Swinden *positiones physicae.* Harderovici. I. 1786. II. 1787. 8.

Georg Simon Klügel's Anfangsgr. der Naturlehre. Berlin u. Stettin 1792. 8.

Franz. Carl Achard Vorlesungen über die Experimentalphysik. I—IV. Berlin 1791. 8.

Micha-

Michael Hube Unterricht in der Naturlehre in Briefen an einen jungen Herrn von Stande. Leipz. I. II. III. 1793. 8.

Maximus Imhoff Grundriß der öffentl. Vorlesungen über die Experimentalnaturlehre. München I. 1794. II. 1795. 8.

Jul. Conrad Yelin Lehrbuch der Naturlehre. Ansbach 1796. 8.

Friedrich Albrecht Carl Gren Grundriß der Naturlehre. Halle 1791. 8. 1795. 8. Dritte ganz umgearbeitete Ausgabe. 1797. gr. 8.

Joh. Tobias Mayer Anfangsgründe der Naturlehre. Göttingen 1801. 8. 1803. 8.

Erstes

Erstes Kapitel.

Von der Möglichkeit der Natur.

§. 21.

Alle Naturforschung geht vom **Bewußtseyn** aus. Der Geist des Menschen wird sich seiner bewußt, indem er sich selbst von der ihm erscheinenden Aussenwelt unterscheidet. Eben in diesem Bewußtseyn liegt der Grund der Idee eines **Geistes**, d. h. einer sich ihrer selbst bewußt seyenden Thätigkeit.

§. 22.

Erscheinung (*Phaenomenon*) heißt das, was von dem Geiste durch die Sinne empfunden (angeschaut) wird. Durch die Empfindung einer Erscheinung entsteht in dem Geiste ein Zustand, den wir **Vorstellung** nennen. Im Bewußtseyn unterscheiden wir beides, um so mehr, da uns die Beobachtung lehrt, daß im Geiste Vorstellungen auch ohne Erscheinung Statt finden können.

§. 22.[b]

In dieser Unterscheidung nimmt er, in so fern sein eigenes Leben ihm erscheint, in sich selbst ein **Leiden** (*pati, affici*) und ein **Thun** (*agere*),

und

und eben dieses wenigstens scheinbar in Vergleichung mit sich in Gegenständen, welche ihm erscheinen, wahr. Er nimmt wahr, daß der Zustand seiner selbst, oder eines Gegenstandes in der Erscheinung **verändert** werde, hingegen auch, daß eine geraume Zeit derselbe Zustand **beharre**.

§. 23.

Das oberste Axiom aller Naturlehre ist dieses: **alles, was ist, ist vermöge eines zureichenden Grundes.** Demnach muß auch eine jede Veränderung oder Beharrung ihren zureichenden Grund haben.

§. 24.

Was den zureichenden Grund von Etwas enthält, heißt die **Ursache** (*Causa*) desselben, und dieses Etwas in Beziehung auf die Ursache die **Wirkung** (*Effectus*) dieser Ursache.

§. 25.

Der Mensch nennt das Thätige in sich, mit dem er auf die Aussenwelt zurückwirkt, und mit dem er in sich selbst zurückwirken kann, Kraft. Andere ihm erscheinende Menschen mit sich, Thiere mit Menschen, u. s. w. Körper überhaupt mit einander vergleichend, gelangt er zu dem allgemeinen Begriffe von **Kraft** (*Vis*). Nach diesem ist sie das Thätige (agens), durch welches eine Veränderung

oder

oder Beharrung möglich wird. Fähigkeit zur Entstehung einer Kraft heißt **Vermögen** (*Facultas*).

§. 26.

Der zureichende Grund der **Veränderung** eines Etwas liegt einestheils in der Kraft, welche das Etwas verändert, und anderntheils in der Fähigkeit des Etwas, diese Veränderung zu leiden. Genauere Untersuchung lehrt aber, es wirke in den Veränderungen allemal Kraft gegen Kraft, und der leidende Zustand eines Etwas beruhe nicht in einer Unthätigkeit desselben, sondern darin, daß diejenige Kraft, mit welcher es einer Veränderung widersteht, kleiner ist, als die, welche es zu verändern strebt.

§. 27.

In der Erforschung des Zusammenhanges der so vielfach verschiedenen Wirkungen in der Körperwelt finden wir, daß eine Kraft, von welcher eine Erscheinung unmittelbar abhängt, wieder Wirkung einer höheren Kraft, diese wiederum Wirkung einer noch höheren sey. Und so können wir mit dem Verstande eine Genealogie von Kräften verfolgen, bis zu gewissen **Grundkräften**, welche hypothetisch angenommen werden, deren Begriffe jedoch aus den Erscheinungen, die man als ihre Wirkungen betrachtet, abgezogen sind. **Erklären** (§. 12) heißt in der Naturlehre soviel, als eine Erscheinung genealogisch auf diese Grundkräfte zurückführen.

§. 28.

§. 28.

Wir wollen eine Grundkraft annehmen, welche wir die **anziehende Kraft** (*Vis attractiva*) nennen. Von ihr hänge es ab, daß die Körper sich bestreben, sich einander zu nähern; von ihr werden wir die Schwere, die Adhäsion, Cohäsion, Contractilität ꝛc. ableiten können. Einige Physiker suchen in ihren Erklärungen mit dieser einzigen Grundkraft auszukommen; es ist aber, auch in der Atomistik, nicht möglich, ohne noch eine zweite, jener entgegengesetzte, anzunehmen, welche von denen, welche sie annehmen (nicht ganz adäquat) die **abstossende** (*Vis repulsiva*) oder **Dehnkraft** (*Vis expansiva*) genannt wird. Von ihr leiten wir das Licht, die Wärme, die Entstehung der Luftarten ꝛc. ab.

Die, welche eine solche nicht annehmen wollen, und doch einen **Wärmestoff** als eine besondere Materie annehmen, der alle Eigenschaften der Materie fehlen, verwerfen doch bloß den Namen, indem sie die Sache zugestehn.

§. 29.

Ueber diese Grundkräfte, welche eben deswegen **Grundkräfte** heissen, weil sie sich nicht weiter erklären lassen, kann die Forschung des Verstandes nicht hinaus. Ihre Annahme kann daher auch nicht ganz die Frage von der Möglichkeit einer Körperwelt lösen. Indessen ist der **Dualismus**, d. h. hier,

hier, die Lehre von diesen beiden Grundkräften, welche in so vielen Erscheinungen sich ausspricht, die fruchtbarste Speculation in der ganzen Naturlehre, welche, wie noch keine vor ihr, befriedigenden Zusammenhang in die Erklärungen aller Naturerscheinungen gebracht hat.

§. 30.

Weit erhaben über diese Speculation liegt die Idee der Vernunft von der **Gottheit**, als **einer** unendlichen Urkraft, durch welche und in welcher das ganze Weltall ist. Sobald der Mensch über das Thierische seines Wesens sich erhebt, und die Vernunft, dem Drucke der niederen Triebe sich entwindend, zur freien Thätigkeit gelangt, geht in der ruhigen Betrachtung des Weltalls und seiner selbst diese Idee mit vollkommener Ueberzeugung aus seinem Inneren hervor. Die Beweise der Schulphilosophie für das Seyn einer Gottheit, (der physisch-theologische, ontologische, kosmologische,) fallen in diesem über die Sphäre des Verstandes erhabenen Gebiete so mangelhaft aus, daß sie eine strenge philosophische Kritik nicht aushalten können, und sind für den völlig überflüßig, welcher sich dieser Ueberzeugung bemächtigt hat.

§. 31.

Es war eben so natürlich, als verzeihlich, daß der Mensch, indem er sich höhere Wesen dachte, an

Sinnlichkeit gewöhnt und im ersten Emporstreben der Vernunft noch an jene festgehalten, sich für diese Ideen menschliche Bilder schuf. Auch, nachdem er dahin fortgeschritten war, **einen** unsichtbaren, durch keine menschliche Vorstellung erreichbaren Gott, als den Schöpfer und Regierer des ganzen Weltalls zu denken, blieb, selbst in den reinsten und edelsten Betrachtungen der Religion, die Idee von Gott immer **anthropomorphisch**.

§. 32.

Diesem Anthropomorphismus gehört es an, sich eine ausserweltliche **Gottheit** und die **Welt**, im Gegensatze derselben, zu denken, so daß sich die Welt zu der Gottheit eben so verhalte, wie ein menschliches Gebäude zu dem Baumeister, der es gemacht hat. Ihm war es dann auch gemäß, neben Gott die Materie als ewig hinzustellen.

§. 33.

Durch die Verwerfung dieser, der Gottheit unwürdigen Idee entstand nothwendig die von der Schöpfung des Weltalls aus **Nichts**. Allein diese bloße Verneinung eines Etwas neben der Gottheit tilgt den Anthropomorphismus nicht völlig: es muß eine positive Bestimmung hinzukommen, dieses so weit zu vollenden, als es dem beschränkten Verstande möglich ist.

§. 34.

Diese Bestimmung liegt in der höchsten Idee, zu welcher der Naturphilosoph mit dem Fluge seiner Denkkraft sich emporschwingen kann, obwohl ihn auch hier menschliche Vorstellungen begleiten, eben weil er selbst auf dem Gipfel der Speculation nicht aufhört, ein Mensch zu seyn. **Gott** ist das einzige an sich (ὀντως ὠν), ist **Eins und Alles** (Ἑν και Πᾶν). Das ganze Weltall ist, (menschlich zu reden,) eine Idee der Gottheit, und als solche eins mit der Gottheit selbst.

Darin, daß wir uns alle Dinge im Weltall als Ideen der Gottheit, und nur diese Ideen als ὀντως ὀντα denken, beruhet Platon's **Idealismus**, welchen man wohl von jenem Idealismus (§. 40) unterscheiden muß.

Spinoza's Pantheismus.

B. v. S. (Benedict von Spinoza) *opera posthuma.* 1677. Ethica. Pars I. De Deo. II. De origine mentis.

F. H. Jacobi über die Lehre des Spinoza. Breslau, 1789. 8.

§. 35.

Es giebt demnach keine Dinge an sich, sondern **alle Dinge sind** nur **in Gott**. Ein Seyn (Urseyn) kann in so fern nur der Gottheit zugeschrieben werden, und wenn von einem Seyn der Dinge im Weltall geredet wird, so ist dieses Seyn nur ein bedingtes, ein relatives Seyn: die Gottheit

hingegen ist unbedingt und absolut, und wird daher von der neuern Schule das Absolute genannt.

§. 36.

Indessen ist doch der Mensch sich eines Seyns seiner selbst, und wenn er gleich dieses Seyn nur als ein bedingtes Seyn in dem Absoluten (unbedingten Seyn der Gottheit) anerkennt, seiner Persönlichkeit und der darin gegründeten Freiheit seines Denkens und Wollens bewußt. Ein Streit darüber kann wohl nur ein bloßer Wortstreit seyn. Das Verhältniß, in welchem der Mensch zu anderen ihm ähnlichen Wesen steht, nöthiget ihn, auch diesen ein solches Seyn zuzugestehen, also neben seinem (§. 21) Geiste andere Geister anzuerkennen, welche in dem Haften an einer materiellen Hülle, in dem Vorstellen einer Natur und dem Gegenwirken gegen dieselbe, seinem Geiste ähnlich, aber dennoch unleugbar von ihm und unter sich verschieden sind. Dabei bleibt ihm die Weise dieses bedingten Seyns unbegreiflich, und so achtungswerth die Bemühungen neuerer Philosophen sind, alle Dinge im Absoluten darzustellen, so kann man doch diese Darstellungen bloß für menschliche Ansichten halten, welche der beschränkten Sphäre unserer Anschauung und unserer Fassungskraft angemessen sind.

F. W. J. Schelling von der philosophischen Construction oder von der Art, alle Dinge im Absoluten darzustellen,

in s. neuen Zeitschrift für speculative Physik. I. 2. S. 3. fg.

Joh. Josua **Stutzmann** Versuch einer neuen Organisation des philosophischen Wissens. Erlangen 1806. 8.

§. 37.

Daher liegt zwischen jenem von dem Verstande der Naturlehre zum Grunde gelegten Dualismus (§. 29) und dieser Idee der Vernunft von einer Gottheit eine ungeheure Kluft. **Seyn** und **Wissen** ist in der Vernunft eins, in so fern die Vernunft (§. 15) das Absolute selbst (§. 35) ist; allein, obwohl diese Vernunft, unbegreiflicher Weise, auch in dem Menschen ist und wirkt, so hat sie doch in seiner Persönlichkeit, wenigstens durch das Materielle im Menschen, eine Beschränkung erhalten, durch welche nur das Wissen von ihrem eigenen Seyn mit diesem Seyn vereinigt ist. Ebendaher ist das **Wissen** selbst eigentlich nur in der absoluten Vernunft (Gottheit) möglich; der beschränkte menschliche Geist kann nur vermöge der in ihm wirkenden Vernunft nach dem Wissen **streben**: nur mühsam kann sein kurzsichtiges Auge seine kleine Sphäre des Weltalls durchspähen.

Philosophiam Pythagoras primus appellavit, seque *philosophum* .... nullum enim hominum, sed solum Deum esse *sapientem* (σοφον). Diogenes Laertius *de vita philosophor.* Lugd 1559. lib. I. p. 33.

§. 38.

Daher die nothwendige Unterscheidung des menschlichen Geistes zwischen sich selbst als dem Anschauenden, Erkennenden (**Subject**), und dem Angeschauten, Erkannten (**Object**, Gegenstand). Möge diese Unterscheidung auch betrachtet und erklärt werden, wie man wolle; sie selbst kann, ohne Vernichtung des Bewußtseyns (§. 21), nicht aufgehoben werden.

§. 39.

Die unter dem Namen **Realismus** bekannte Lehre betrachtet die uns erscheinenden Gegenstände (Objecte) als **Dinge** an sich (§. 34—36), welche durch die Sinne auf das Subject, den Geist des Menschen, wirken. Dadurch entstehen in diesem die Ideen (gleichsam **Bilder**) der Objecte.

Irrig nennt man den Realismus auch Dogmatismus. Der **Dogmatismus** steht dem **Skepticismus** entgegen; der Realismus aber dem Idealismus. Die Idealisten sind nicht selten im höchsten Grade Dogmatiker.

§. 40.

Der **Idealismus** hingegen leugnet die Gegenstände der Erscheinungen, als Dinge an sich: und sucht den zureichenden Grund der Erscheinungen in dem vorstellenden Geiste.

David Hume *philosophical essays concerning human understanding*. London 1748. 12. Deutsch mit Anm. von **J. G. Sulzer**. Hamb. 1755. 8.

Geor-

George Berkeley *three dialogues between* Hylas *and* Philonous. London 1725. 8.

Sammlung der vornehmsten Schriftsteller, die die Wirklichkeit ihres eignen Körpers und der ganzen Körperwelt läugnen, von **Joh. Christ. Eschenbach**. Rostock 1756. 8.

Immanuel Kant Kritik der reinen Vernunft. Riga 1781. Zweite Ausg. 1790. 8. S. 275. u. Vorr. S. 39.

Joh. Gottlieb Fichte Grundlage der gesammten Wissenschaftslehre. Leipz. 1794. 8.

Friedrich Wilhelm Joseph Schelling's System des transscendentalen Idealismus. Tüb. 1800. 1804. 8.

Joh. Jacob Wagner System der Idealphilosophie. Leipzig 1804. 8.

§. 41.

Wenn unter diesem Namen eine Theorie auftritt, welche alle Objectivität gänzlich leugnet, die Erscheinungen der Körperwelt für Traumgesichte hält, oder die Objecte selbst durch den Geist setzen läßt, oder für den menschlichen Geist die Differenz zwischen Subject und Object eben so aufheben will, wie Gott und Welt als eins gedacht werden müssen, so kann der unbefangene Naturforscher bei allem Pompe, mit dem eine solche auftritt, ihr nicht huldigen. Er wird durch Gründe bestimmt, ausser dem menschlichen Geiste existirende (ein, vom bedingten Seyn des Geistes verschiedenes, bedingtes Seyn habende) Objecte anzuerkennen, von denen einerseits die **reellen** Vorstellungen abhängen; da

es hingegen auch bloß **ideelle** Vorstellungen ohne solche Objecte giebt.

Diese Gründe sind: der leicht wahrzunehmende Unterschied zwischen reellen Vorstellungen, die ein Object haben, und ideellen, welche bloß die Phantasie erzeugt; die Entstehung, Beharrung und Verschwindung jener, der reellen, Vorstellungen, auch wider unser Bestreben sie zu vermeiden, wegzuschaffen oder festzuhalten; die nach und nach zu machende Wahrnehmung eines und desselben Objects durch auf einander folgende Anwendung verschiedener Sinne; die Berichtigung falscher Vorstellungen von einem Objecte durch genauere Anschauung, Betastung; nachdem wir wenigstens die Existenz anderer Geister zugegeben haben (§. 36), die gleichzeitige Erzeugung ähnlicher Vorstellungen in anderen Menschen zu gleicher Zeit; die gleichzeitige Erzeugung ähnlicher Vorstellungen selbst in Thieren, an welchen diese Aehnlichkeit sich in den Wirkungen der Vorstellung überzeugend wahrnehmen läßt; dieses, daß wir es in unserer Gewalt haben, in anderen Menschen durch Hinstellung gewisser Objecte Vorstellungen zu erzeugen, welche wir wollen; die Einrichtung der Sinnesorgane, offenbar dem Zwecke gemäß, Einwirkungen von aussen nach dem Hirne zu leiten; die Aenderung der Vorstellungen bei gleichen Objecten durch Krankheit der Sinnesorgane.

Hingegen sind die Gründe für eine solche Theorie nicht beweisend. Nicht die seyn sollende Unmöglichkeit, daß Materie auf einen Geist wirke, da wir weder das Wesen eines Geistes noch der Materie kennen, die vermeinte Feindlichkeit beider aber gar nicht erwiesen ist; zu geschweigen, daß mit der Aufstellung dieses Grundes die Existenz einer Materie zugegeben wird; nicht die

Frei-

Freiheit des Geistes, welche nicht unbedingt ist und Einflüsse äusserer Kraft auf ihn nicht ausschließt; nicht, daß unsere Empfindungen, als Veränderungen eines lebendigen Wesens, leblosen Körpern, in denen sie bewirkt werden sollen, nicht entsprechen, weil, auch ohne diese Theorie, die Empfindungen nicht als bloße Wirkungen der erscheinenden Körper angesehen werden (s. d. folg. §.).

§. 42.

Indessen ist der Idealismus, wie er als bescheidener Skepticismus auftritt, allerdings das Resultat ruhiger Forschung. Jene Gründe überzeugen uns bloß davon, daß etwas ausser uns existire, von dem einestheils die Erscheinungen abhängen: aber jede Erscheinung ist als ein **Product** zweier Factoren, 1) eines erscheinenden Objects und 2) unseres Vorstellungsvermögens anzusehn. Wir nehmen bloß dieses Product wahr; was das Object **an sich** sey, können wir unmöglich erkennen. Auch ist es offenbar, daß wir uns bei den reellen Vorstellungen nicht bloß leidend verhalten, etwa nur Einflüsse von aussen in unsere Sinnesorgane u. s. w. hineingehen lassen, sondern daß wir die Erscheinung durch eine Wirkung **von innen** ausser uns hinaussetzen, an den scheinbaren Ort, wo das Object der Erscheinung sich zu befinden scheint. Wir setzen allerdings die Erscheinung, nur nicht den (uns unbekannten) Gegenstand.

§. 43.

Es ist ein leeres Unterfangen, diese allgemeine Ansicht der Natur durch unsere ganze Kenntniß der **einzelnen** Erscheinungen, welche sich in derselben uns darstellen, durchführen zu wollen. Unserem Auge kann in dem unendlichen All die **Einheit** selbst nicht anschaulich werden: es ist an einzelne beschränkte Sphären geheftet, die uns als **Mannigfaltigkeit** erscheinen, und als solche von uns aufgefaßt werden müssen. Indem wir das Aufgefaßte beschreiben, und diese Beschreibungen mit der Speculation in Verbindung setzen, müssen wir die Sprache des Realismus von **Objecten**, als ob sie an sich wären, reden, obwohl wir sie nur so andeuten wollen, wie sie uns erscheinen. Wir müssen, wenn wir nicht in einen pedantischen Sprachzwang verfallen wollen, oft uns des Ausdrucks „**Seyn**" bedienen, obwohl hier nur von einem bedingten Seyn die Rede seyn kann. Eine rein idealistische Sprache mögte schwer zu erfinden, schwer verständlich, und für den Schüler der Naturlehre, welchen wir hier nur durch die Reihe des Mannigfaltigen durchführen, um ihn zu dem Ersteigen eines höheren Standpuncts vorzubereiten, ohne Nutzen seyn.

§. 44.

Wenn wir einen objectiven Grund der Erscheinungen annehmen dürfen, so sind wir auch befugt, objective Verschiedenheiten der Körper da anzuneh-

nehmen, wo wir mit einerlei Sinnen Verschiedenheit der Empfindungen erhalten. Diese objectiven Verschiedenheiten nennen wir **Beschaffenheiten** (*Qualitates*), obwohl, was dieselben an sich seyn mögen, nicht erkannt werden kann.

§. 45.

Die Naturlehre (Physik), an sich selbst, hat diese Beschaffenheiten und ihre Veränderungen zum Gegenstande, und ist dadurch von der **Größenlehre** (Mathematik) unterschieden. Allein zu einer gründlichen und vollständigen Naturlehre gehört nicht allein das **wie**: einer jeden Beschaffenheit und Veränderung, sondern auch das **wie viel**: zu kennen; ja die meisten derselben können ohne Verhältnisse gar nicht bestimmt werden. Daher ist die Mathematik zu dem Studium der Naturlehre unentbehrlich; selbst die ersten Anfangsgründe derselben können nicht erlernt werden, ohne daß der Schüler wenigstens die gemeine Arithmetik und Geometrie sich wohl bekannt gemacht hat.

Zwei-

Zweites Kapitel.

Von den allgemeinen Erscheinungen in der Körperwelt.

---

§. 46.

Mit der Anschauung der Körperwelt ist uns unmittelbar die Erscheinung des **Raumes** (*Spatium*) gegeben, indem wir Körper ausser und neben einander, Theile eines Körpers ausser und neben einander wahrnehmen.

§. 47.

Jeder Körper erscheint uns **im** Raume und in demselben als **ausgedehnt**: er **nimmt** einen Raum **ein**. Wir bestimmen durch die bloße Anschauung die Ausdehnung nach dreien Richtungen, 1) der **Länge**, 2) der **Breite**, welche auf jene senkrecht, und 3) der **Dicke**, welche auf jene beide senkrecht geht.

Wenn diese Dimensionen ungleich sind, so nennt man die größte **Länge**, die folgende **Breite**, die kleinste **Dicke**; doch werden die lezteren beiden Benennungen oft auch nach der Lage eines Körpers gegen andere bestimmt. Länge mit Breite ohne Dicke gedacht nennen wir **Fläche**; Länge allein gedacht **Linie**, den Anfang der Linie **Punct**.

§. 48.

Jeder Raum, den ein Körper einnimmt, jeder, zwischen Körpern liegende, überhaupt jeder anschauliche, (also begränzte und dadurch in der Anschauung **gegebene**) Raum heißt ein **relativer** Raum, indem wir uns denselben als einen Theil eines größeren Raumes denken können, welcher sich über die Gränzen dieses Theils hinaus erstreckt. Wir können uns die Gränzen eines relativen Raumes in der Idee verneinen, statt seiner uns einen größeren denken; indem wir diese Verneinung der Gränze immer weiter fortsetzen, entsteht die dunkle Idee von einem **unendlichen** oder **absoluten** Raume, der aber nicht allein kein Gegenstand der Anschauung seyn, sondern nicht einmal als eine klare Idee gefaßt werden kann.

§. 49.

Die Größe der Ausdehnung (der Kubikinhalt) eines Körpers, oder die Größe des Raumes, den er einnimmt (*Quantitas* spatii), heißt sein **Volumen**.

§. 50.

Um die Räume zu **messen**, d. h. ihre Größe zu vergleichen, nimmt der Mathematiker (§. 45) einen Raum von willkührlich bestimmter Größe als Einheit, für die Linien einen (Längen-) Fuß, Zoll rc., für die Flächen einen Quadratfuß, Quadrat-

dratzoll ꝛc., für die Körper einen Kubikfuß, Kubik-
zoll ꝛc. an. Der Raum an sich betrachtet, hat als
stetige Größe keine Theile: aber man kann in Ge-
danken oder durch künstlich in gegebene Räume ge-
setzte Gränzen den Fuß in zwölf Zolle, den Zoll in
zwölf Linien, u. s. w. theilen, obwohl bei einer sol-
chen arithmetischen Betrachtung des Raumes kei-
nem Mathematiker einfällt, diese Theile sich ob-
jectiv ꝛc. vorzustellen, als ob ein gegebener Raum
aus solchen Zollen u. s. w. wirklich bestände.

§. 51.

Nicht nur die Länge des zwölften Theils eines
Zolles (Linie), sondern der zehnte Theil einer Linie
kann von einem scharfen Auge noch recht genau ge-
sehen und gemessen werden: viel weiter reicht auch
das schärfste (Menschen-) Auge nicht. Indessen
können wir in Gedanken die Theilung des Raums
immer weiter und weiter fortsetzen, ohne daß eine
Gränze nothwendig würde. Aber es ist gestattet,
uns eine **Einheit** des Raumes, kleiner als jede be-
stimmbare vorzustellen, theils um sie als allgemei-
nes Maaß auch für die kleinsten denkbaren Räume
zu nehmen, theils um die Construction der krum-
men Linien begreiflicher und anschaulicher zu machen.
Dies ist gestattet, so lange es nur Hülfsmittel un-
seres beschränkten Verstandes bleibt, der das unend-
lich Kleine eben so wenig, als das unendlich Große
fassen und daher die krummen Linien nur als gebro-

chen

chene construiren kann; aber es wird keinem Mathematiker einfallen, sich den Raum aus solchen Einheiten (als discreten Theilen) wirklich bestehend zu denken.

C. C. **Langsdorf** (über die Unstatthaftigkeit des Princips der unendlichen Theilbarkeit. Erlangen 1804. 8. und Anfangsgründe der reinen Mathematik. Erlangen 1802. 8. S. 125 fgg. auch Vorrede zu den Grundlehren der mechan. Wissenschaften. Erlangen 1802. 8.) hat zuerst den Begriff einer solchen Raumeinheit bestimmt, und dieselbe **Raumpunct** oder **Raumatom** genannt, damit sie nicht mit dem geometrischen Punct, der nur Gränze der Linie ist, verwechselt würde, und man muß den Scharfsinn bewundern, mit welchem er seine Theorie durch die ganze Geometrie und Analysis durchgeführt hat. Einige Geometer unserer Zeit haben diese Theorie geradezu verworfen, ohne sie aufmerksam zu prüfen, obwohl man schon lange sich erlaubte, von Puncten zu reden, die nicht bloß geometrische Puncte seyn können. So, wenn man in der Bewegungslehre von einem Puncte anfängt, welches einen Ort im gegebenen Raume hat, und diesen Ort verändert, wenn man in der Optik sagt, daß auf einer Fläche von 4 Quadratfuß in der Entfernung 2 vom leuchtenden Punct in demselben Lichtkegel viermal so viel Puncte erleuchtet werden, als auf einer Fläche von 1 Quadratfuß in der Entfernung 1 ꝛc.

§. 52.

Die Beschaffenheit des Raums, den ein Körper einnimmt (*Qualitas* spatii), heißt seine **Gestalt** (*Forma*). Diese ist 1) äussere Gestalt, d. h.

d. h. die Lage der Flächen, welche den Körper umgränzen, gegen einander; 2) **innere Gestalt**, d. h. die Lage seiner Theile gegen einander (**Bau**, Structura).

Ein Körper, welcher seinen ganzen Raum stetig ausfüllt, kann eigentlich keine innere Gestalt haben; sondern diese findet nur bei einem aus mehreren Körpern zusammengesetzten Aggregate Statt, das oft auch ein Körper heißt.

§. 53.

Ein Körper nimmt seinen Raum nicht nur ein, sondern er erfüllet ihn, d. h. er widersteht jedem anderen, welcher in seinen Raum einzudringen strebt. Wir nennen diese Erscheinung die **Undurchdringlichkeit** (*Soliditas*), und das Object, welches wir darin annehmen, die **Materie** oder den **Stoff**.

Einige unterscheiden die Namen Materie und Stoff, und verstehen unter dem leztern Namen **Stoff** die verschiedenen Arten der Materien.

§. 54.

Die Größe (Menge) der Materie (*Quantitas* materiae) eines Körpers heißt seine **Masse**.

Ob und in wiefern diese durch das absolute **Gewicht** bestimmt werde, davon s. unten §. 135 fgg.

§. 55.

Die **Dichtigkeit** (*Densitas*) eines Körpers ist das Verhältniß seiner Masse (§. 54) zu seinem

Volu-

Volumen (§. 49). Geringere Dichtigkeit heißt auch **Lockerheit** (*Raritas*).

$$d = \frac{m}{v}$$

daher auch $m = dv$.

§. 56.

Wenn die Volumina zweier Körper gleich sind, so verhalten sich ihre **Dichtigkeiten**, wie ihre **Massen**.

$$d : D = \frac{m}{v} : \frac{M}{v} = m : M$$

§. 57.

Wenn die Massen zweier Körper gleich sind, so verhalten sich ihre Dichtigkeiten **umgekehrt**, wie die **Volumina**.

$$d : D = \frac{m}{V} : \frac{m}{v} = v : V$$

§. 58.

Es giebt Körper, welche aus Materien von verschiedener Dichtigkeit bestehen. In diesen kann eine **mittlere Dichtigkeit** bestimmt werden. Die eine Dichtigkeit heisse D, die andere d, das eine Volumen V, das andere v, die mittlere Dichtigkeit $\triangle$, so ist

$$\triangle = \frac{DV + dv}{V + v}$$

§. 59.

Die Massen der Körper zu vergleichen (zu **messen,**) nimmt man eine Masse von bestimmter Größe (ein Pfund, ein Gran rc.) als **Einheit** an. Wenn aber von Vergleichung der Massen überhaupt die Rede ist, so ist man genöthigt, eine Einheit der Masse, kleiner als jedes bestimmbare Maaß, anzunehmen. Man nenne sie einen **Atom** (ἄτομος, untheilbar).

Hier ist nicht die Rede von Atomistik, als einer seyn sollenden Erklärung der Materie. Davon unten. Wir nehmen hier Atom bloß für eine Idee von Masseinheit, welche der Physiker in die Massen hineinträgt, um sie, sie seyn auch noch so klein, vergleichen zu können. Masse eines Körpers ist dann die Menge der in ihm denkbaren Atomen.

§. 60.

Es giebt Körper, welche aus **Theilen** bestehen, die durch natürliche **Gränzen** unterschieden sind. Jeder dieser Theile ist ein Körper; jedes aus solchen Theilen bestehende ist eigentlich ein **Aggregat** mehrerer Körper. **Ein** Körper besteht nicht aus solchen Theilen, sondern nur aus denkbaren, deren jeder in den nächsten unmittelbar übergeht. Aber ein Körper kann durch natürliche und künstliche Wirkungen **zertheilt** werden.

§. 61.

Die Körper können durch fortgesetzte Theilung in immer kleinere und kleinere, und durch mancherlei Mittel, insbesondere Mahlen, Auflösen, Verdunsten, — in sehr kleine Theilchen zertheilt werden.

Beispiele an der **Vergoldung**, an der Auflösung von **Pigmenten** in Wasser, an der Erfüllung eines Zimmers mit dem Dunst von einer unwägbaren Quantität **Bisam** ꝛc.

§. 62.

Ob wirklich Atome (§. 62) der Materie existiren, darüber kann die Erfahrung unmöglich belehren, weil Atome kein Gegenstand der Anschauung seyn können. Hingegen kann die Nothwendigkeit der Theilbarkeit ins unendliche bei der Materie eben so wenig erwiesen werden, als die Nothwendigkeit einer Gränze der Theilung.

Ich nehme in der Folge das Wort **Atome** (§. 59) bloß für Theilchen, welche kleiner gedacht werden, als jedes von uns bestimmbare Maaß.

§. 63.

Viele Körper haben nicht nur augenscheinliche, sondern ansehnliche **Zwischenräume** (*Pori*), welche dann offenbar mit Materie (Luft, Wasser —) ausgefüllt sind, die nicht zu der Materie dieses Körpers gehört. Auch bei solchen Körpern, welche keine augenscheinliche Poren haben, kann man die Porosität durch gewisse Versuche zeigen.

Ob die Materie selbst porös sey, und leere Zwischenräume enthalte, davon unten im Kapitel von der Construction der Materie. Ebendaselbst auch von der Unterscheidung der wahren und scheinbaren Dichtigkeit.

§. 64.

Die Körper zeigen uns verschiedene **Beschaffenheit ihrer Materie** (*qualitas* materiae): d. h. wir erhalten aus den verschiedenen erfüllten Räumen, welche uns erscheinen, verschiedene Empfindungen (§. 43), theils unmittelbar in Cohäsion, Gestalt (§. 52), Farbe, Durchsichtigkeit, Glanz, Schall, Geruch, Geschmack, — theils mittelbar, indem sie auf andere Körper oder Kräfte der Materie wirken, im specifischen Gewichte, Auflösbarkeit, Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, Mischung mit anderen in Auflösung oder Fällung, Wahlverwandschaft, Magnetismus, Elektricität, Galvanismus ꝛc.

Drittes Kapitel.

Von der Bewegung.

---

§. 65.

Alle Erscheinungen in der ganzen uns erkennbaren Körperwelt lassen sich auf Bewegung zurückführen. Ihre richtige Kenntniß liegt daher der gesammten Naturlehre zum Grunde.

§. 66.

Bewegung (*Motus*) ist die Aenderung der Verhältnisse eines Körpers zu einem gegebenen Raume. Um dies genauer und in seinen Verschiedenheiten einzusehen, muß man mit der Betrachtung eines beweglichen Puncts (§. 51) oder eigentlich eines Atoms (§. 59) den Anfang machen.

§. 67.

Ein bestimmtes Punct in einem gegebenen Raume hat seinen bestimmten **Ort** (*Locus*), d. h. es nimmt einen (in Rücksicht auf Entfernung von jeder Gränze dieses Raums) bestimmten Theil dieses Raumes ein. Diesen Ort nennt man den **absoluten Ort** des Puncts, (nämlich in diesem Raume.) **Absolute Bewegung** ist Aenderung des absoluten Orts; **absolute Ruhe** ist Beibehaltung desselben.

Wo

Wo in den folgg. Sätzen von Bewegung ohne Beiwort die Rede ist, da wird immer diese absolute Bewegung verstanden.

§. 67. b

Ein bestimmtes Punct in einem gegebenen Raume hat auch eine bestimmte Lage gegen andere Puncte desselben Raums. Diese heißt sein **relativer Ort.** Relative Bewegung ist Aenderung des relativen Orts, relative Ruhe Beibehaltung desselben.

Relative Bewegung kann zugleich mit absoluter Statt finden, aber auch ohne sie.

§. 68.

Die absolute Bewegung eines Puncts in einem gegebenen Raume kann in Rücksicht auf einen größeren Raum, in welchem der gegebene liegt, entweder darin bestehen, daß das Punct auch in dem größeren Raume absolut bewegt wird, oder daß das Punct in dem größeren Raume absolut ruhet, und hingegen der gegebene kleinere Raum in dem größeren (in entgegengesetzter Richtung) bewegt wird. So kann jede Bewegung eines Puncts, die für einen gegebenen Raum absolut ist, doch nur relativ für einen größeren seyn. Daher will man unter absoluter Bewegung in der Physik gemeiniglich die verstehen, welche in Rücksicht auf den absoluten oder allgemeinen Weltenraum (§. 48) Statt findet. Allein da dieser uns gar nicht gegeben

ben werden, selbst in unserer Idee nicht gefaßt werden kann, so kann auch in menschlicher Naturlehre, welche endliche Bewegungen betrachtet, von ihm eigentlich nicht die Rede seyn. Wir haben es nur mit Bewegungen in **gegebenen** Räumen zu thun, in denen wir aber doch jene beide Arten derselben (§. 67. 67 b) unterscheiden müssen.

Für alles das, was sich in der absoluten Bewegung eines Puncts, und sodann eines Körpers in einem gegebenen Raume a betrachten läßt, ist es ganz einerlei, ob das Punct auch in Rücksicht auf einen größeren Raum A bewegt wird, und der Raum a darin ruhet, oder ob das Punct in Rücksicht auf einen größeren Raum A ruhet, und der Raum a in entgegengesetzter Richtung bewegt wird.

§. 69.

Wahre Bewegung (Motus *verus*) des Puncts ist, welche wirklich in Veränderung des Ortes dieses Punctes besteht. **Scheinbare** (Motus *apparens*), welche in Veränderung des Ortes dieses Punctes zu bestehen scheint. Die wahre Bewegung kann zugleich scheinbar seyn; es kann aber auch scheinbare Bewegung bei wahrer Ruhe Statt finden, wenn nur der Anschauende seinen Ort im gegebenen Raume verändert; und so kann hingegen auch scheinbare Ruhe bei wirklicher Bewegung Statt finden, wenn der Anschauende zugleich mit Puncten ausser ihm seinen Ort so verändert, daß kein Merkmal der Bewegung des Puncts wahrgenommen werden kann.

§. 70.

§. 70.

Ein Punct in einem gegebenen Raume a kann mit allen anderen Puncten in demselben gegebenen Raume eine **gemeinschaftliche Bewegung** (Motus *communis*) in einem größeren gegebenen Raume A haben; es kann hingegen auch eine **eigene** (Motus *proprius*) in dem erstern gegebenen Raume a haben. Beide sind wohl von einander zu unterscheiden, und es kann die eine Statt finden, ohne die andere: es kann auch die eine der andern ganz entgegengesetzt seyn.

§. 71.

Was hier von einem Puncte bestimmt worden, läßt sich mit gewissen Bestimmungen auf ganze **Körper** anwenden. Ein ganzer Körper kann in einem gegebenen Raume eine solche Bewegung haben, daß um eine in ihm denkbare gerade Linie (**Axe**) alle seine übrige Puncte herum bewegt werden. Man nennt dieses die **wälzende** Bewegung (Motus *rotatorius*). Es kann hingegen auch der ganze Körper nach einer Gegend hin fortrücken: **fortschreitende** Bewegung (Motus *progressivus*). Beide können zugleich Statt finden: es kann aber auch die erstere so geschehen, daß die Axe ruhet, und nur die ausser ihr liegenden Puncte bewegt werden, so daß der Körper im Ganzen seinen Ort beibehält.

§. 72.

§. 72.

Wenn ein Körper eine fortschreitende Bewegung hat, so kann er mit dieser seinen Ort ganz oder nur zum Theile verlassen, lezteres, wenn die Bewegung endiget, ehe die gänzliche Verlassung des Ortes vollendet ist. Bei den Bewegungen der Planeten und überhaupt für die meisten Fälle der fortschreitenden Bewegung haben wir es mit solchen zu thun, bei denen der Körper seinen Ort ganz verläßt. Wir dürfen dann in bloßer Rücksicht auf die fortschreitende Bewegung bei den folgenden Sätzen den ganzen Körper **als ein Punct** betrachten, das in seiner Mitte liegt.

§. 73.

Für jede fortschreitende Bewegung eines Körpers müssen zwei Orte gedacht werden, (fig. 1.) einer a, von welchem der Körper ausgeht, und einer b, in welchen er gelangt. Das Gelangen des Körpers aus a nach b ist nicht anders möglich, als indem derselbe aus a in einen zunächst anliegenden, aus diesem weiter in einen diesem zunächst anliegenden u. s. w. fortschreitet, bis er endlich von Ort zu Ort nach b gelangt. Man drückt dies mit kurzen Worten so aus: jede Bewegung ist nothwendig **stetig** (*continua*) *). Die Reihe aller der Orte (Puncte), durch welche ein Körper bei fortschreitender Bewegung geht, heißt seine **Bahn**, auch

auch der **Weg** oder der **Raum** (*Spatium*) der Bewegung.

*) Dieses ist das Gesetz der Stetigkeit, allerdings ein Naturgesetz, das nur misverstanden bestritten werden kann.

§. 74.

In so fern man bei der fortschreitenden Bewegung den Körper sich als ein Punct denkt, ist diese Bahn eine **Linie**, welche das sich fortbewegende Punct beschreibt. Diese kann (fig. 1.) eine **gerade** a m n b oder eine **krumme** a c d b Linie seyn. Bei der geradlinigten Bewegung entfernt sich das Punct durch die Orte m, n, ... immer weiter von dem ersten Orte, bei der krummlinigten kann dasselbe durch c, d, ... geschehen; hingegen kann bei dieser (fig. 2.) auch die Bahn in sich selbst zurücklaufen, so daß das Punct wieder an denselben Ort a gelangt, von welchem es ausgegangen war.

§. 75.

In jedem Puncte der Bahn kann der Körper (das Punct) nur **eine** bestimmte Richtung, ein Bestreben nach einer bestimmten geraden Linie fortzugehen, haben. In der **geraden** Bahn bleibt diese Richtung durchaus **dieselbe**. In der **gebrochenen** wird sie an einzelnen Orten verändert, so daß diese eine Reihe von geraden Bahnen ist, deren jede mit der vorigen einen Winkel macht.

In

In der krummen wird die Richtung in einem fort stetig **verändert**.

So anschaulich eine krumme Bahn ist, und so bestimmt auch der Geometer einen Kreis genetisch definirt, so kann doch der Verstand keinen deutlichen Begriff von ihr machen. Man denke sich erst eine **gebrochene** Bahn, welche (fig. 3) aus einer Reihe gerader Bahnen ab, cd, de, ef, fg, gh, ... besteht, deren jede mit der vorigen einen Winkel macht. Man denke sich diese einzelnen geraden Bahnen immer kleiner und kleiner, endlich kleiner, als jede angebliche Länge, und die unzählbaren einzelnen Winkel, in denen sie von einander abweichen, äusserst stumpf, endlich so stumpf, daß die Differenz von 180° sich nicht mehr angeben lässet, so nähert man sich dem Begriffe einer krummen Bahn immer mehr, ohne sie jedoch völlig zu erreichen. Es verdient gewiß die Aufmerksamkeit aller tiefdenkenden Geometer, was **Langsdorf** in s. Schrift über die Unstatthaftigkeit des Princips der unendlichen Theilbarkeit §. 7. S. 17. von der Construction der krummen Linie sagt, um daraus jenes Princip zu widerlegen.

§. 76.

Eine Bewegung heißt **gleichförmig** (*uniformis*), wenn gleich lange Theile der Bahn einander ähnlich sind; **ungleichförmig** (*variatus*), wenn gleich lange Theile der Bahn einander unähnlich sind.

Nur die **geradlinigte** und die **Kreisbewegung** sind gleichförmig. — **Gleichförmig** muß nicht mit **gleichmäßig** (§. 78) verwechselt werden.

§. 77.

§. 77.

Da ein Körper (fig. 1.) in einem Orte a seiner Bahn und einem anderen m nicht zugleich seyn kann, man mag sich m auch noch so nahe bei a gedenken, so wird zu jeder Bewegung eine gewisse Zeit (*Tempus*) erfordert.

§. 78.

In jeder Bewegung hat der Raum s (§. 73), durch welchen ein Körper bewegt wird, ein gewisses Verhältniß zu der Zeit t, in welcher sie geschieht. Dieses Verhältniß heißt die **Geschwindigkeit** (*Celeritas*) c.

$$c = \frac{s}{t}$$

§. 79.

In Rücksicht auf die Geschwindigkeit ist eine Bewegung **gleichmäßig** (*aequalis*) oder **ungleichmäßig** (*inaequalis*). In der gleichmäßigen Bewegung durchläuft ein Körper in gleichen Zeiten der Bewegung gleiche Räume, in der ungleichmäßigen ungleiche Räume. Die ungleichmäßige ist entweder **beschleunigt** (*acceleratus*) oder **verzögert** (*retardatus*). Beschleunigung und Verzögerung können wieder gleichmäßig oder ungleichmäßig seyn.

§. 80.

Gewisse gleichmäßige Bewegungen (der Sterne, Sonne — oder eigentlich der Erde um ihre Axe; des Pendels, des Zeigers an einer Uhr —) dienen uns die Zeit zu messen, und wir haben zu dieser Messung kein anderes Mittel. Daher sind wir auch genöthigt, uns **die Zeit unter dem Bilde einer Linie** zu denken.

Das allgemeine Zeitmaaß für uns ist der **Sternentag**, oder die Zeit, binnen welcher die Erde sich einmal um ihre Axe wälzt. Die Vergleichung dieser Bewegung mit der Bewegung des Pendels berechtigt uns, sie für gleichmäßig zu halten.

§. 81.

Bei gleichmäßiger Bewegung **verhalten sich die Geschwindigkeiten**, wenn die Zeiten gleich sind, **wie die Räume**; und wenn die Räume gleich sind, **umgekehrt wie die Zeiten.**

$$C : c = \frac{S}{T} : \frac{s}{t} \quad (§.\ 78).$$

Also

wenn $t = t$

$$C : c = \frac{S}{t} : \frac{s}{t} = S : s$$

und wenn $s = s$

$$C : c = \frac{s}{t} : \frac{s}{T} = T : t$$

Bei

Bei gleichen Zeiten werden daher C und S als gleichbedeutend genommen. Wenn man von Geschwindigkeit ohne weitere Bestimmung redet, so versteht man in der Mechanik gemeiniglich den Raum, welchen ein Körper in einer **Secunde** durchläuft.

§. 82.

Bei eben dieser verhalten sich die Räume, wie die Geschwindigkeiten mit den Zeiten multiplicirt. Da

$$c = \frac{s}{t} \text{ so ist } s = ct$$

folglich

$$S : s = CT : ct$$

§. 83.

Jede Bewegung hat ihren zureichenden Grund (§. 23). Dieser liegt einestheils in der Beweglichkeit des bewegten Körpers, anderntheils in einer bewegenden Kraft. Da alle Veränderungen in der Körperwelt sich auf Bewegung zurückführen lassen, so kann man von Kraft (§. 25. 26) in der Körperwelt auch sagen: **Kraft** sey, was Bewegung wirkt oder hemmt.

§. 84.

Ein Körper, welcher ruhet, ruhet so lange, bis ihn eine Kraft in Bewegung setzt; und ein einmal in Bewegung gesetzter Körper beharret so lange in Bewegung, in derselben Richtung und mit derselben

selben Geschwindigkeit, bis eine Kraft diesen Zustand ändert. Dieses ist das **Gesetz der Trägheit**, oder besser **der Beharrung**, ein allgemeines Naturgesetz, dessen Nothwendigkeit, so bald es richtig verstanden wird, a priori aus dem Satze des zureichenden Grundes (§. 23) erhellet, das aber auch in der Erfahrung immer und überall bestätigt wird, und zur Erklärung aller Bewegungen, wie sie uns erscheinen, ganz unentbehrlich ist.

Newton *philos. nat.* Amst. 1714. p. 2. Defin. 3.

Abr. Gotthelf Kaestner *de inertia corporum* in *diss. math. et phys.* n. X. p. 75.

§. 85.

Nach diesem Gesetze muß die Bewegung eines Körpers, auf welchen eine Kraft nicht bloß im Anfange seiner Bewegung, sondern stetig fortwirkt, **beschleunigt** werden, und zwar so, daß **die Räume der Bewegung**, vom Anfange gerechnet, **sich verhalten, wie die Quadrate der** zu ihnen gehörenden **Zeiten**.

Da in den Anfangsgründen der Physik nur von derjenigen beschleunigten Bewegung die Rede ist, welche von der Schwere abhängt, so folgt, der nöthigen Abkürzung wegen, die Erklärung dieses Satzes erst unten bei der Schwere.

§. 86.

Alle Bewegung in der Körperwelt entsteht, indem eine bewegende Kraft die andere überwindet; alle

alle Hemmung der Bewegung, indem eine Kraft der anderen mit gleicher Stärke entgegenstrebt (das Gleichgewicht hält). Dieses untersucht die **Statik**, jenes die **Mechanik**.

§. 87.

Eine Bewegung, welche auf eine oder die andere Weise durch Mittheilung aus einer andern entsteht, heißt **mechanische** Bewegung, weil die Mechanik, ohne die Dynamik, nur die Bewegungen und ihre Mittheilung untersucht, ohne auf die Grundkräfte zurückzugehn. In diesem Falle ist die erste Bewegung selbst als eine **Kraft** und die andere, welche aus ihr entsteht, als **Wirkung** derselben anzusehen.

§. 88.

Untersuchen wir die Bewegungen in der uns erscheinenden Sphäre der Natur, auch in den Werkstätten der Kunst, so finden wir viele Bewegungen, welche von anderen Bewegungen entstehen. Ein Körper kann einem anderen seine Bewegung mittheilen,

1) indem er auf seinem Wege denselben trifft, und ihn vor sich hintreibt (**Stoß**);
2) indem er an ihm haftet (adhaeret), und dadurch, indem er selbst bewegt wird, den anderen nöthigt, ihm auf seinem Wege zu folgen (**Zug**).

§. 89.

§. 89.

Die Größe einer Bewegung hängt einestheils von der bewegten **Masse** (§. 54), anderntheils von der **Geschwindigkeit** ab. Wenn die Geschwindigkeiten zweier Bewegungen C und c gleich sind, so **verhalten sich** die Größen derselben B und b, **wie die Massen:**

$$B : b = M : m$$

und wenn die Massen zweier Bewegungen M und m gleich sind, so **verhalten sich** die Größen derselben B und b, wie die **Geschwindigkeiten:**

$$B : b = C : c$$

§. 90.

Daraus folgt der für die ganze Statik und Mechanik so wichtige Lehrsatz: **die Größen zweier Bewegungen verhalten sich, wie die Producte der Massen in die Geschwindigkeiten.** Die Bewegung B habe die Masse M und die Geschwindigkeit C; die Bewegung b habe die Masse m und die Geschwindigkeit c; man vergleiche beide mit einer dritten, **b**, welche die Masse m und die Geschwindigkeit C hat, so erhellet jener Lehrsatz durch eine leichte arithmetische Betrachtung.

$$B : \mathbf{b} = M : m$$
$$\mathbf{b} : b = C : c$$

$$B\mathbf{b} : \mathbf{b}b = MC : mc$$
$$B : b = MC : mc$$

§. 91.

Wenn zwei Bewegungen einander entgegen wirken, deren Producte der Massen in die Geschwindigkeiten **gleich** sind, so sind sie einander gleich (§. 90), heben folglich einander auf; und es entsteht **Stillstand** (*Stasis*). Daher heißt das Product einer Masse in ihre Geschwindigkeit auch das **statische Moment.**

Man nennt diese Gleichheit und den davon abhängenden Stillstand auch **Gleichgewicht**; doch nur in uneigentlicher Bedeutung, weil 1) die Massen nicht bei jeder Bewegung als Gewichte wirken, 2) auch da, wo dies geschieht, wie am eigentlichen Hebel, zur Gleichheit der statischen Momente nicht allemal gleiche Gewichte nöthig sind. S. d. fg. §.

§. 92.

Die statischen Momente zweier Bewegungen sind gleich, wenn sowohl die Massen, als die Geschwindigkeiten gleich sind. Sie können aber auch bei ungleichen Massen und Geschwindigkeiten gleich seyn, **wenn nur die Massen beider Bewegungen sich umgekehrt verhalten, wie die Geschwindigkeiten.** Die eine Bewegung sey Mc, die andere mC; wenn

$$M : m = C : c$$

so ist $Mc = mC$.

Es heben also zwei einander entgegenwirkende Bewegungen einander auf, wenn die Massen derselben sich umgekehrt verhalten, wie die Geschwindigkeiten (§. 91).

§. 93.

§. 93.

Wenn wir die Reihen der Bewegungen, welche wir aus vorhergehenden ableiten können, rückwärts verfolgen, so stoßen wir bei jeder untersuchten Reihe endlich auf eine Bewegung, welche sich nicht weiter von einer vorhergehenden Bewegung ableiten läßt. Wir müssen also für jede Bewegung, welche in einer Reihe die erste ist, uns eine **bewegende Kraft** (Grundkraft) denken, welche zwar Bewegung hervorbringt, aber selbst **noch nicht Bewegung** ist. Eine solche, unmittelbar von einer Grundkraft abhängende Bewegung heißt zum **Unterschiede** von der mechanischen (§. 87) eine **dynamische** Bewegung.

§. 94.

Die Größe der **Kraft**, welche eine Bewegung bewirkt, (es sey jene selbst eine Bewegung, oder eine Grundkraft,) ist nothwendig der Größe der **Bewegung** (dem statischen Momente) proportional.

§. 95.

Ein bewegliches Punct kann von **einer** bewegenden Kraft getrieben werden. Nothwendig wird es dann nach **einer** Richtung, und so lange keine zweite Kraft auf dasselbe wirkt, immer nach derselben Richtung mit derjenigen Geschwindigkeit bewegt werden, welche dieser Kraft gemäß ist (§. 84).

§. 96.

Es kann aber auch ein Punct von **zweien** bewegenden Kräften **zugleich** getrieben werden, und dann ist der Erfolg verschieden, je nachdem die Richtungen und Geschwindigkeiten der Kräfte verschieden sind.

1) Entweder wirken beide Kräfte auf das bewegliche Punct nach **einer** und derselben Richtung; dann wird das Punct nach dieser Richtung bewegt werden mit der **Summe** der Geschwindigkeiten beider Kräfte.

2) Oder beide Kräfte wirken auf das bewegliche Punct nach **entgegengesetzten** Richtungen; dann wird das Punct nach der Richtung der stärkeren Kraft bewegt werden mit der **Differenz** der Geschwindigkeiten beider Kräfte. Wenn also beide Kräfte gleich sind, (mithin die Differenz 0 ist,) so wird das Punct gar nicht bewegt werden, d. h. ruhen.

3) Oder beide Kräfte wirken auf das bewegliche Punct nach zweien Richtungen, die mit einander einen **Winkel** machen. Dann wird das Punct eine Richtung erhalten, welche zwischen jenen beiden liegt, und eine Geschwindigkeit, welche sowohl von der Größe der Geschwindigkeiten der einzelnen Kräfte, als von dem Winkel abhängen. Genauer bestimmt dieses der folgende Lehrsatz **vom Parallelogramm der Kräfte.**

§. 97.

§. 97.

Wenn ein Punct a von **zweien Kräften**, deren Richtungen mit einander einen **Winkel** machen, getrieben wird, so wird die **Bahn** desselben in einer gegebenen Zeit, sowohl für die Richtung als die Geschwindigkeit (fig. 4.) durch die **Diagonale** ad des **Parallelogramms der Kräfte** abdc bestimmt.

Dieses Parallelogramm wird **gegeben** durch die **beiden** gegebenen **Seiten** ab und ac, indem das Verhältniß ihrer Längen das Verhältniß der Geschwindigkeiten ausdrückt, und durch den **Winkel** bac, der durch die beiden Richtungen ab und ac bestimmt wird. Man denke sich, daß das Punct a in der gegebenen Zeit erst der einen Kraft ab, dann der andern ac folge, so wird es erst nach b, dann (da die Parallele bd eben die Richtung als ac hat,) von b nach d getrieben werden, also doch am Ende der Zeit nach d gelangen. Um der Voraussetzung näher zu kommen, denke man sich die ganze Zeit in 4 Theile getheilt: im ersten Viertheil wird dann das Punct auf eben die Weise von a nach 1 und von 1 nach m, im zweiten von m nach 2 und von 2 nach n, im dritten von n nach 3 und von 3 nach o, im vierten von o nach 4 und von 4 nach d, also durch den gebrochenen Weg a1m2n3o4d ebenfalls nach d gelangen. Man nehme die Abtheilung der Zeit und des Weges immer kleiner und kleiner, so wird dieser gebrochene Weg der geraden Linie ad immer näher kommen; allemal wird am Ende des Weges das Punct nach d, also an das **Ende der Diagonale** gelangen, und allemal wird es sich am Ende einer Abtheilung **in der Diagonale** befinden. Endlich, wenn

wenn man die Abtheilungen unendlich klein annimmt, wird der Weg des Punctes mit der Diagonale zusammen fallen.

§. 98.

Da die Diagonale des Parallelogramms sowohl die Geschwindigkeit als die Richtung des bewegten Puncts bestimmt, so bewegt sich dasselbe genau in derselben Zeit durch die Diagonale ad, in welcher es, von der Kraft ab allein getrieben, sich durch die Linie ab, von der Kraft ac allein getrieben, sich durch die Linie ac bewegt haben würde (§. 81).

§. 99.

Man pflegt bei dieser zusammengesetzten Bewegung die Geschwindigkeit des durch die Diagonale bewegten Puncts die **mittlere** Geschwindigkeit, die beiden Geschwindigkeiten aber, aus denen diese entsteht, die **Seitengeschwindigkeiten** zu nennen. Allemal ist die mittlere Geschwindigkeit kleiner, als die Seitengeschwindigkeiten zusammen, weil zwei Seiten eines Dreiecks allemal zusammen größer sind, als die dritte. Sie ist aber desto kleiner, je stumpfer der Winkel ist, welchen die Richtungen der beiden Kräfte mit einander machen, weil diese beiden Kräfte einander desto mehr vermindern: bei 180° würde sie 0 werden (§. 96): bei 0° würde die mittlere Geschwindigkeit der Summe der Seitengeschwindigkeiten gleich seyn (Ebend.).

Wenn

Wenn der Winkel 120° ist, und beide Kräfte gleich sind, so wird die mittlere Geschwindigkeit jeder der beiden Seitengeschwindigkeiten gleich.

§. 100.

Wie durch zwei Kräfte eine Bewegung zusammengesetzt werden kann, so kann man auch eine jede von **einer** Kraft abhängende Bewegung nach eben dieser Construction eines Parallelogramms gleichsam **zerlegen**, und so ansehen, als ob sie aus zweien Kräften, deren Richtungen einen Winkel mit einander machen, zusammengesetzt wäre.

§. 101.

Wenn ein Punct a von **drei** Kräften getrieben wird, deren Richtungen und Geschwindigkeiten (fig. 5.) durch die Linien ab, ac, ad, bestimmt werden, so bestimmt

1) das aus den Linien ab und ac (und dem Winkel bac) construirte Parallelogramm die Diagonale ae;
2) das aus dieser Diagonale ae und der Linie ad (und dem Winkel ead) construirte Parallelogramm die **Diagonale** ax als den Weg, welchen das Punct zu nehmen hat.

Eben so kann für ein Punct, das von vier, fünf — Kräften getrieben wird, der Weg bestimmt werden.

§. 102.

Da **eine** Kraft einem beweglichen Puncte nur **eine** Richtung geben kann (§. 95), so kann eine krumm-

krummlinigte Bewegung (§. 75) unmöglich von **einer** Kraft abhängen.

§. 103.

Eine **Centralbewegung** ist eine solche krummlinigte Bewegung (fig. 2.), bei welcher ein Körper, den wir uns hier unter einem Puncte a denken (§. 72), dergestalt um ein festes Punct c herumbewegt wird, daß seine ganze Bahn abdea mit diesem Puncte in einer Ebene liegt. Man nennt dieses Punct das **Mittelpunct der Bewegung** (*Centrum Motus*). Eine solche Bewegung läßt sich (fig. 9.) aus **zweien Kräften** nach dem Lehrsatze vom Parallelogramm der Kräfte (§. 97) construiren.

§. 104.

Die eine der beiden Kräfte, die **Tangentialkraft**, treibe das Punct a nur **im Anfang** der Bewegung nach der Richtung einer geraden Linie ab (fig. 9.). Die andere, die **Centripetalkraft**, welche auch die **Normalkraft** heißt, ziehe dasselbe im Anfang der Bewegung nach einem ausser der geraden Linie ac liegenden Puncte c, so daß ihre Richtung mit der Richtung der Tangentialkraft einen rechten Winkel macht, und wirke mit eben diesem Zuge nachher **stetig** fort.

Um die Erzeugung der krummlinigten Bahn aus diesen beiden Kräften einzusehen, stelle man sich anfangs statt der krummlinigten Bahn eine gebrochene vor (fig. 10).

Das

Das Punct a werde von der Centripetalkraft nach x, von der Tangentialkraft nach e getrieben. Die Linien ad und ae bestimmen (hier willkührlich) das Verhältniß beider Kräfte. Diese Linien sammt dem Winkel ead, der sich aus den Richtungen ergiebt, geben das Parallelogramm aebd, und die **Diagonale** ab als den Weg, welchen das Punct in dem Zeittheile durchlaufen muß, in welchem es, von der Centripetalkraft allein getrieben, den Weg ad, von der Tangentialkraft allein getrieben, den Weg ae gemacht haben würde.

Im folgenden gleichen Zeittheile würde das Punct vermöge der Trägheit die Linie bg = ab durchlaufen, welche von ab Fortsetzung ist. Da aber in diesem Zeittheile die Centripetalkraft das Punct von b nach f (bf = ad) treibt, so wird dadurch das Parallelogramm bgcf und die **Diagonale** bc als der Weg für den zweiten Zeittheil bestimmt.

Im folgenden gleichen Zeittheile würde das Punct vermöge der Trägheit die Linie ci = bc durchlaufen, welche von bc Fortsetzung ist. Da aber in diesem Zeittheile die anziehende Kraft das Punct von c nach h treibt, so wird dadurch das Parallelogramm cidh und die **Diagonale** cd als der Weg für den dritten Zeittheil bestimmt.

So bestimmt sich die gebrochene Bahn abcd u. s. w. Nun aber denke man sich die anziehende Kraft **immerfort** wirkend und die einzelnen Zeittheile, mithin die dazu gehörenden Bahntheile ab, bc, cd, unendlich klein, so verwandelt die gebrochene Bahn sich in eine krumme Bahn. Von dem Verhältnisse der anziehenden Kraft zu der Tangentialkraft hängt es ab, welche Gestalt die krumme Bahn erhält.

§. 105.

Die Richtung der Tangentialkraft ab (fig. 9.), welche man in a als anfänglich wirkend sich denkt, macht mit der Normallinie ac einen rechten Winkel, ist also in a Tangente der krummen Bahn. Aber an jedem Orte der krummen Bahn ist der unendlichkleine Theil derselben, welchen man sich daselbst denken kann, als ein unendlich kleiner Theil der Tangente des Orts anzusehen. Also ist das in der krummen Bahn sich bewegende Punct **in jedem Theile der Bahn in der Richtung der Tangente.**

§. 106.

Wenn die Tangentialkraft (anfangs) nicht wirkte, oder wenn das Punct in irgend einem Orte der Bahn aufhörte, vermöge der Trägheit dem, immerfort einestheils noch von der Tangentialkraft abhängenden, Wege zu folgen, so würde es **bloß der Centripetalkraft** folgen und zum Mittelpuncte c sich hin bewegen müssen. Wenn hingegen die Centripetalkraft aufhörte zu wirken, so würde es, **bloß von der Tangentialkraft** getrieben, nach der Richtung der Tangente der krummlinigten Bahn entfliehen.

Bei der Kreisbewegung ist die gerade Linie, welche vom Mittelpuncte der Bewegung zur Bahn gezogen werden kann (*Radius Vector*), stets die Normallinie oder der Halbmesser. Aber bei anderen krummlinigten Bewegungen findet dies nur an gewissen Stellen Statt.

Die

Die Tangente ist überall senkrecht auf der Normallinie, aber nicht auf dem Radius Vector überall (§. 109).

§. 107.

Man kann die Tangentialkraft (fig. 9.), welche durch ab (die man sich unendlich klein denken muß,) vorgestellt wird, in Gedanken in zwei Kräfte zerlegen (§. 100), eine **Centrifugalkraft** af, welche das Punct a nach f, vom Mittelpunct c wegtreibt, und eine **Schwungkraft** *) ae, welche den Körper nach e treibt (ae als ein unendlichkleiner Theil der Bahn gedacht). Man setze die Centrifugalkraft = der Centripetalkraft, also af = ad, so wird, wie das Parallelogramm aebf zeigt, die Centrifugalkraft af durch die Centripetalkraft ad aufgehoben, es bleibt nur die Schwungkraft ae übrig, vermöge deren nun das Punct die Bahn ae beschreibt. Diese Schwungkraft ist es, welche das Punct fortdauernd in seiner Bahn erhält.

Centrifugalkraft und **Schwungkraft** sind nur in der Zerlegung der Tangentialkraft gedachte Theile derselben: aber die **Tangentialkraft** muß, wie die **Centripetalkraft**, bei der Centralbewegung, so bei den Bewegungen der Planeten um die Sonne als wirklich gedacht werden, um diese zu erklären, und zwar die Tangentialkraft nur im ersten Anfange der Bewegung, die Centripetalkraft aber immerfort stetig wirkend. Die Centripetalkraft läßt sich auf die anziehende (§. 28) zurückführen; aber die Tangentialkraft nicht auf Dehnkraft (Ebend.) und reicht man also zur Erklärung dieser Bewegung mit jenen beiden Grundkräften nicht aus.

*) Ich

*) Ich nehme hier den Ausdruck **Schwungkraft** für denjenigen Theil der Tangentialkraft, welcher den Körper in seiner Bahn erhält. In vielen Schriften heißt aber das Schwungkraft, was ich hier **Centrifugalkraft** genannt habe.

§. 108.

Die Wirkung der Centrifugalkraft läßt sich deutlich an einer **Schwungmaschine** zeigen, indem man Kugeln central (d. h. in einem Durchmesser) durchbohrt auf eine glatte stählerne Stange schiebt, welche horizontal über einem Durchmesser des horizontal laufenden Schwungrads liegt.

Wenn die Kugel genau im Mittelpunct des Schwungrads liegt, so bleibt sie bei der schnellsten Umdrehung desselben ruhig; wenn sie aber ausser demselben liegt, so wird sie, wie das Schwungrad herumgedrehet wird, vermöge der Trägheit eine beschleunigte Bewegung und endlich ein Bestreben zu einer größeren Geschwindigkeit erhalten, als die Geschwindigkeit des in der Umdrehung einigermaßen gehinderten Rades ist. Sobald dies geschieht, so wird sie, (durch den Stab gehindert, der ganzen Tangentialkraft, auch der Schwungkraft allein, zu folgen,) auf dem Stabe nach dem Umfange des Rades hingleiten, also sich in der Richtung der Centrifugalkraft bewegen.

Wird die Kugel mit einem Faden an die Axe des Rades befestigt, so wird sie diesen Faden zerreissen, sobald die Centrifugalkraft größer wird, als die Cohäsion des Fadens.

Mit eben dieser Maschine läßt sich der Lehrsatz §. 90, nach welchem die Größen der Bewegungen sich ver-

verhalten, wie die **Producte der Massen in die Geschwindigkeiten**, anschaulich machen, indem man je zwei central durchbohrte Kugeln auf die Stange schiebt, sie mittelst Häkchen durch einen horizontal liegenden Faden verbindet, und dann das Schwungrad in Bewegung setzt. 1) Man schiebe zwei Kugeln von **gleicher Masse** auf den Stab und stelle sie in gleiche Entfernung vom Mittelpuncte; sie erlangen bei der Umdrehung **gleiche Geschwindigkeit**: es ist also $mc = mc$; es wird keine von beiden nachgeben, bis endlich die Summe beider Bewegungen stärker wird, als die Cohäsion des Fadens, dann werden die Kugeln den Faden zerreissen und mit gleicher Geschwindigkeit aus einander schiessen. 2) Man nehme ebenfalls zwei Kugeln von **gleicher Masse**, stelle aber die eine Kugel entfernter vom Mittelpuncte: da die entferntere eine **größere Geschwindigkeit** erhält, so ist $mC > mc$, die entferntere Kugel wird nach aussen fahren, und die nähere nach sich reissen. 3) Man nehme zwei Kugeln von **ungleicher Masse**, und stelle sie in gleiche Entfernung vom Mittelpuncte; da $Mc > mc$, obwohl die **Geschwindigkeiten** gleich sind, so wird die Kugel von größerer Masse nach aussen fahren und die kleinere nach sich reissen. 4) Man nehme zwei Kugeln von ungleicher Masse, und stelle die **kleinere Masse** soviel entfernter vom Mittelpuncte, als die **größere Masse**, daß jene die **größere Geschwindigkeit**, diese die **kleinere Geschwindigkeit** erhält, aber dennoch $Mc = mC$ werde, so werden beide Kugeln einander hemmen (§. 92), endlich, wenn sie die Cohäsion des Fadens überwinden können, diesen zerreissen, und beide aus einander fahren. 5) Man nehme zwei Kugeln von ungleicher Masse, und stelle die **kleinere** so viel entfern-

fernter, daß ihr **Moment** größer wird, als daß der größeren; so wird die kleinere Masse die größere überwinden und nach sich ziehen.

§. 109.

Die gerade Linie ca, oder ce, oder cg (fig. 9.), welche vom Mittelpunct c einer Centralbewegung nach jedem Puncte der krummen Bahn gezogen werden kann, heißt der *Radius Vector*, indem man sich vorstellen kann, daß diese bei der Centralbewegung sich um das feststehende Punct c herum bewege, wie wenn ein Halbmesser einen Kreis beschreibt. Ist die krumme Bahn ein Kreis, so ist der Radius Vector beständig gleich, ist sie eine andere krumme Linie, so muß man sich vorstellen, daß er bald kürzer, bald länger werde.

§. 110.

Der Radius Vector beschreibt **in gleichen Zeiten** der krummlinigten Bewegung immer **gleiche Flächenräume.** Es seyen (fig. 9.) z. E. ae, eg, Bahntheile, die zu gleichen ~~Theilen~~ Zeiten gehören, so ist der Flächenraum ace = dem Flächenraume ecg.

Um dieses zu beweisen, denke man sich (fig. 11.) die zu gleichen Zeiten gehörenden Theile der Bahn ae, eg unendlich klein, dann sind diese als gerade Linien, und die dazu gehörenden Flächenräume ace, ecg, als geradlinigte Dreiecke anzusehen. Daß diese Dreiecke ace, ecg, einander gleich sind, wird auf folgende Weise bewiesen. Es ist das Dreieck ace = dem Dreieck ech, weil sie gleiche Grundlinie (eh = ae vermöge

möge der Trägheit nach §. 104) und Höhe (gemeine Spitze in c) haben; das Dreieck ecg = dem Dreieck ech, weil sie gleiche Grundlinie (ec = ec) und Höhe (zwischen den Parallelen ec und hg) haben; folglich (da beide dem ech gleich sind) auch das Dreieck ace = dem Dreieck ecg.

§. 111.

Daraus folgt, daß in einer krummen Bahn, welche durchaus vom Mittelpunct der Bewegung gleich weit absteht, namentlich im Kreise (fig. 9.), die Bahntheile ae, eg, welche zu gleichen Zeiten gehören, gleich seyn, also die Bewegung mit immer gleicher Geschwindigkeit erfolge: hingegen in der Ellipse und jeder krummen Bahn ein Bahntheil (fig. 16.) ab näher am Mittelpunct der Bewegung c größer, ein Bahntheil ed entfernter vom Mittelpunct der Bewegung c kleiner, also näher am Mittelpuncte die Geschwindigkeit größer, entfernter vom Mittelpuncte kleiner sey; und daß diese Geschwindigkeit sich umgekehrt verhalte, wie die Entfernung vom Mittelpuncte.

In der weiteren Ausführung dieser Lehre (in dem fg. zweiten Theile der besonderen Naturlehre der Weltkörper) wird gezeigt, daß, wenn nach dem Gesetze der Gravitation (§. 128[b]) die Anziehung eines in einer krummen Bahn bewegten Körpers zum Mittelpunct der Bewegung sich umgekehrt verhalte, wie das Quadrat der Entfernung, die Bahn eine Ellipse werden müsse. **Kepler** entdeckte das Gesetz der elliptischen Planetenbahnen, **Newton** das Gesetz der Gravitation; so bestätigten zwei große Geister, einer des anderen Idee.

Viertes Kapitel.

Von der Bildung der Materie.

§. 112.

Die Materie (§. 53) ist das Bewegliche im Raume, und, indem wir die Bewegung (§. 66) untersuchen, betrachten wir ganze Körper, welche bewegt werden. Es bleibt aber, nachdem wir die Gesetze der Bewegung eingesehen haben, noch die Frage übrig, **wie die Materie selbst möglich** sey, und es ist das Geschäfft der Naturlehre, die Existenz der Materie aus den bewegenden Kräften selbst abzuleiten.

Man nennt dieses die Materie, nämlich in der Idee, bilden (construiren).

§. 113.

Es ist eine sehr alte, von den ältesten Philosophen Griechenlands abstammende, und bis auf unsere Zeiten fortgepflanzte Idee, daß die Körperwelt aus **Atomen**, d. h. untheilbaren Körperchen (corpuscula) bestehe; ja jene Philosophen dichteten sogar die Entstehung der Welt aus dem Zusammentreten der Atome im leeren Raume.

Leucippus (in Diogenis Laertii *vita philosophorum*. Lugd. 1559. p. 382), Democritus (*ib.* p. 388), Epicurus (*ib.* p. 428).

Titi

Titi Lucretii Cari *de rerum natura* libri VI. Lugd. 1548. 12.

Lucrece Newtonien par Mr. le Sage in den *nouv. mem. de Berlin.* Année 1782. p. 404.

Prevost *de l'origine des forces magnetiques.* Genev. 1788. Deutsch: Halle 1794. 8.

§. 114.

Man dachte sich diese Atome selbst als durchaus solide (ohne Porosität). Sie bewegten sich im leeren Raume gegen einander, und indem sie einander mehr oder weniger nahe traten, bildeten sie einzelne Körper. Die **Masse** (§. 54) eines Körpers ist demnach die Menge seiner Atome, und die **Dichtigkeit** der Materien (§. 55) hängt davon ab, ob sie näher oder minder nahe bei einander liegen. Der dichtere Körper enthält in gleichem Raume mehr, der minder dichte in gleichem Raume weniger Atome. Große und kleine Zwischenräume der Körper können fremde minder dichte Materien enthalten; allein um die verschiedene Dichtigkeit der Materien selbst zu erklären, mußte man die Materie selbst als porös, nemlich leere Räume in derselben, also einen im ganzen Weltall **zerstreuten leeren Raum** (*Vacuum disseminatum*) sich denken.

§. 115.

Die **Atomistik** oder die Lehre von diesen Atomen **erklärt** die Existenz der Materie eigentlich gar nicht, indem sie mit einer petitio principii die

E Atome

Atome (die alte Schule sie als ewig) voraussetzt. Auch bedarf sie, um das Zusammentreten der Atome zu erklären, der anziehenden (§. 28), und um ein mehr oder weniger derselben zu erklären, auch der abstoßenden Kraft (Ebend.).

§. 116.

Aber diese Erklärung gewährt die von dem großen Kant gestiftete **Dynamik**, eine Lehre, welche in der ganzen Naturlehre Epoche gemacht, und über so viele Erscheinungen bisher unbekannt und unmöglich gewesene Aufschlüsse geliefert hat.

Immanuel Kant metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Zweite Ausg. Riga, 1787. 8.

§. 117.

Der **Dualismus** in der Natur, ein stetes Entgegenstreben zweier einander entgegengesetzter Kräfte, spricht nicht allein in der ganzen Kette von Erscheinungen, welche dem Auge sich darstellen, sondern selbst in der moralischen Sphäre sich so deutlich aus, daß er einem eindringenden Blicke nicht entgehen kann. Daher finden wir (vom Ormuzd und Ariman des Zoroaster, bis auf Winterl's Säure- und Baseprincip ꝛc.,) diesen Dualismus in einer großen Zahl verschiedener Ansichten und verschiedener Namen aufgefaßt. Aber keiner hat ihn in der materiellen Sphäre so klar erkannt, und seine Kenntniß so fest begründet, als der unsterbliche Stifter des dynamischen Systems, in welchem

chem nicht Materie vorausgesetzt, sondern die Materie selbst aus der Vereinigung zweier Grundkräfte gebildet wird.

§. 118.

Einen Raum **erfüllen** (§. 53) heißt, jedem Beweglichen widerstehen, welches durch seine Bewegung in diesen Raum einzudringen strebt. Was aber einer Bewegung widersteht, das muß selbst eine bewegende Kraft seyn. Folglich erfüllet die Materie ihren Raum durch eine bewegende Kraft.

§. 119.

Was in einen Raum einzudringen strebt, wirkt für diesen Raum von aussen nach innen. Da jene bewegende Kraft, vermöge deren die Materie Raum erfüllet, dem einzudringen strebenden widersteht, so muß sie von innen nach aussen wirken. Daher heißt sie **Dehnkraft** (*Vis expansiva*), nicht so gut **abstoßende Kraft** (*Vis repulsiva*). Da von ihr die Erfüllung des Raumes abhängt, so heißt sie auch die **positive** Kraft.

§. 120.

Aber diese Kraft allein gedacht, würde ihre Wirkung ins unendliche zerstreuen, und also nirgend Erfüllung des Raums, nirgend Materie seyn. Daß Materie in beschränkten Räumen entstehe, dazu ist eine Kraft nöthig, welche jener in jeder denkbaren Richtung gerade entgegen wirkt. Man nennt sie die **anziehende Kraft** (*Vis attractiva*),

und in Rücksicht darauf, daß sie jener entgegengesetzt ist, jene beschränkt, die **negative**. Sie allein gedacht würde keine Materie ausmachen; aber eben dadurch, daß jene sich mit dieser vereinigt, wird Materie denkbar, als ein durch Dehnkraft und anziehende Kraft erfüllter und beschränkter Raum.

Die **Dehnkraft**, allein gedacht, führt auf unendlichen Raum: die **anziehende**, allein gedacht, auf ein Punct. Die Vereinigung beider gedacht führt auf beschränkte Sphären.

Schelling's allg. Deduction des dynam. Processes, in s. Zeitschrift für speculative Physik. I. 2. S. 110.

Gewissermaassen kann man also die Materie als ein Product aus zweien Factoren betrachten:

$$\frac{1}{\infty} \cdot \infty = 1$$

C. A. Eschenmayer *principia quaedam disciplinae naturali in primis Chemiae et Metaphysicae naturae substituenda.* Tubing. 1796. 8. Sätze aus der Naturmetaphysik auf chem. und med. Gegenstände angewandt von **C. A. Eschenmayer.** Tübing. 1797. 8.

Priestley's Theorie (*disquisitions relating to matter and spirit.* London, 1778.) läßt sich fast auf dieselbe Ansicht zurückführen.

§. 120. b

Wenn die Materie durch Vereinigung der beiden Grundkräfte Dehnkraft und anziehende Kraft existirt, so müssen wohl diese beide Kräfte ein Bestre-

streben, sich mit einander zu **vereinigen**, also ein Bestreben haben, Materie zu werden. Dieses Bestreben, welches in dem Magnetismus, der Elektricität, dem Galvanismus rc. sich ausspricht, muß ganz von derjenigen Anziehung unterschieden werden, welche die anziehende Kraft allein bewirkt (§. 28. 128).

§. 121.

In dieser Ansicht fällt jene Vorstellung von Atomen und leeren Räumen in der Materie (§. 113. 114) völlig weg. Die Materie selbst, sie sey locker oder dicht, erfüllt ihren Raum mit **Stetigkeit** (*Continuitas*). Die verschiedenen Grade der **Dichtigkeit** (§. 55) hängen bloß von der Intensität beider Grundkräfte, oder mit andern Worten, von dem Grade der Raumerfüllung, ab.

§. 122.

Die eigentlich erfüllende Kraft ist die Dehnkraft; die Intensität einer bestimmten Quantität von Dehnkraft muß also desto größer seyn, je kleiner der Raum ist, den sie erfüllt und umgekehrt. Die Beschränkung dieses Raums wird aber durch die anziehende Kraft bestimmt; je größer diese, desto kleiner muß der Raum seyn, auf welchen die Wirkungssphäre der Dehnkraft und mithin beider beschränkt wird. Absolut bestimmt sich für jedes mögliche Verhältniß beider Grundkräfte zu einander die beharrliche Größe eines erfüllten Raumes,

so

so weit sie bloß von den Grundkräften in diesem Raume abhängt, dadurch, daß beide Kräfte mit einander im Gleichgewichte sind.

In dieser Bestimmung ist freilich auf keinen Druck von aussen durch umgebende andere erfüllte Räume (Materien) gerechnet; auch auf den großen Unterschied zwischen Festigkeit und Flüssigkeit noch nicht Rücksicht genommen.

§. 122.[b]

Durch das vielfache Spiel dieser Kräfte in der Mannigfaltigkeit der Natur wird das Gleichgewicht derselben in einzelnen Sphären immerfort aufgehoben und wieder hergestellt. Wir nehmen aber überall, wohin unsere Forschung reicht, das **Bestreben nach Gleichgewicht** so deutlich wahr, daß dieses Bestreben als ein Naturgesetz anerkannt werden dürfte, wenn es auch nicht a priori als ein solches aufgestellt werden könnte.

§. 122.[c]

Die anziehende Kraft wirkt auf jeden Körper zwiefach: erstlich, in so fern sie in ihm selbst der Grund seines Zusammenhangs ist, und zweitens in so fern sie ihn gegen andere, ausser ihm liegende, Körper treibt. Man kann jene Wirkung die **innere**, diese die **äussere** Anziehung nennen. Unter gewissen Umständen kann jene, durch ihr Verhältniß zu der sie schwächenden Dehnkraft (in flüssigen Körpern) im Stande seyn, von äusserer Anziehung

zu

zu einem anderen Körper überwunden zu werden, so daß Theile des Körpers sich vom Ganzen trennen und an dem anderen Körper haften. Wo auch die Wirkung der äusseren Anziehung nicht so weit geht, wird die innere doch durch die äussere vermindert, und die Gestalt des Körpers durch den Zustand bestimmt, in welchem die innere Anziehung mit der äussern im Gleichgewichte steht. Oft wirken mehrere äussere Anziehungen auf einen Körper zugleich, und seine Gestalt hängt von dem Zustande ab, in welchem alle diese äussern Anziehungen mit der innern im Gleichgewichte stehn.

S. unten das Kapitel von der Cohäsion §. 182—185. 195. 203. 2c.

§. 122.[d]

Was wir bei solchen Erscheinungen äussere Anziehung nennen, ist sehr oft jenes Bestreben einer Grundkraft in einem Körper gegen die entgegengesetzte in dem anderen (§. 120 b.). Auch dieses Bestreben kann jener Anziehung, der innern, oft auch der äussern, entgegen wirken, oft durch eine äussere unterstützt werden. Alle diese Bestrebungen wirken aus größeren und kleineren Sphären der Körperwelt wechselseitig gegen einander, kleinere werden durch größere überwunden und es entstehen in den einzelnen Körpern innere Bewegungen, welche den Zustand verändern, bis die Bestrebungen mit einander im Gleichgewichte sind. Aber nach

dem Gesetze der Trägheit (§. 47) gehen diese Bewegungen über den Zustand des Gleichgewichts hinaus und veranlassen dadurch neue Bewegungen, welche sie hemmen. Auf diese Weise wird der fortdaurende Wechsel der Materie unterhalten, mit welchem uns das Kapitel vom chemischen Processe näher bekannt macht.

§. 123.

Man kann die Dichtigkeit (§. 129), als das Verhältniß der Masse zu dem Raume, den sie wirklich einnimmt, die **wahre** (Densitas *vera*) nennen. Die **scheinbare** Dichtigkeit (Densitas *apparens*) hingegen, ist das Verhältniß der Masse eines Körpers zu dem Raume, welchen die Masse desselben einnimmt, mit den innerhalb der Gränze des Körpers liegenden (durch fremde Materien erfüllten) Zwischenräumen zusammengenommen.

Fünf-

Fünftes Kapitel.

Von der Schwere.

§. 124.

Alle Körper auf unserer Erde sind (gegen die Erde) **schwer**, d. h. sie zeigen ein Bestreben, sich nach unten (nach dem Innern der Erde) zu bewegen (zu **fallen**, sich zu **senken**). Die Richtung, welche sie nehmen, wenn sie, vermöge dieses Bestrebens, wirklich fallen oder sich senken, heißt **senkrecht**. Die Bewegung selbst, welche vermöge der Schwere geschieht, heißt auch der **Fall**.

§. 125.

Die Oberfläche eines stillstehenden Wassers und jede in der Ebene des scheinbaren Horizonts liegende Erdfläche heißt **horizontal**. Mit dieser macht die Richtung der Schwere überall hin rechte Winkel. Daher jene Benennung (§. 124.), die dann weiter auch von der rechtwinklichten Richtung auf eine Fläche oder Linie überhaupt gebraucht wird, wenn gleich die Fläche oder Linie nicht horizontal ist.

§. 126.

Wenn die Erde eine Kugel und mithin die Ebene des scheinbaren Horizonts ihre Plantangente ist, so ist die Richtung der Schwere in der Richtung

des Halbmessers der Erde, und die Schwere ein Bestreben der irdischen Körper, sich **nach dem Mittelpuncte der Erde** hin zu bewegen.

Wenn die Erde keine vollkommene Kugel, sondern nur ein Sphäroid ist, so geht die Richtung der Schwere an jedem Orte in der Richtung der Normallinie oder des Halbmessers der Krümmung.

§. 127.

Die Richtungen zweier fallender Körper erscheinen uns parallel. Sie müßten auch parallel seyn, wenn eine horizontale Fläche eine Ebene wäre, weil sie auf dieser senkrecht stehn. Allein sie sind nach dem §. 126. convergirend; sie erscheinen uns nur parallel für die kleine Entfernung und für die kleine Länge, in welcher wir zwei solche Richtungen zugleich sehen können.

Was wir auf der Oberfläche der Erde eine horizontale Fläche nennen, ist niemals eine vollkommene Ebene; denn in der Ebene jedes scheinbaren Horizonts liegt nur **ein** einziges Punct, durch das nur **ein** wahrer und nur **ein** scheinbarer Horizont bestimmt werden kann. Allein wir nennen einen Theil der Erdoberfläche noch immer horizontal, wenn er noch nicht so viel von der ebenen Gestalt abweicht, daß die Krümmung merklich wird.

§. 128.

Wir erklären diese Erscheinung ganz natürlich und ungezwungen aus der angenommenen Grundkraft, welche wir (§. 28.) die **anziehende** genannt haben.

haben. Schon Newton entdeckte, daß die Schwere nicht bloß ein Bestreben der irdischen Körper, sich nach dem Mittelpuncte der Erde hin zu bewegen, sondern ein allgemeines Gesetz der Natur sey. Alle Körper sind gegen einander schwer (*lex gravitationis*); d. h. sie ziehen einander wechselseitig an, (oder mit andern Worten:) haben ein Bestreben, sich einander zu nähern.

Isaac Newton *principia philosophiae naturalis.* Amstelod. 1714. 4. L. III. Prop. IV. seqq. pag. 363.

Die Idee, doch ohne Newtons mathematische Bestimmung, schon bei **Nic. Copernicus** (*de revolutionib. orbium coelest.* Norimb. 1543. 4. Lib. I. cap. 9. p. 7.)

Joh. Kepler (*Astronomia nova αιτιολογητος.* Prag 1609. Fol. in der Vorrede) und **Joh. Alphons. Borellus** *theoricae mediceorum planetarum ex causis physicis deductae.* Florent. 1666. 4. p. 47.

§. 128. b.

Die Stärke dieser Anziehung verhält sich bei gleicher Entfernung eines Körpers von zweien, die ihn anziehen, **wie die anziehenden Massen.** Jedes Atom (§. 59.) der Masse zieht; wenn also doppelt, dreimal — so viel Atome ziehen, so muß auch die Wirkung doppelt, dreimal — so groß seyn.

Bei gleichen Massen der anziehenden Körper, verhält sich die Stärke der Anziehung zu dem angezogenen Körper **umgekehrt, wie das Quadrat**

drat der Entfernung. Dieses zeigt nicht allein durchgängig die Erfahrung, sondern es läßt sich auch a priori einsehen. Man denke sich die anziehende Kraft aus irgend einem Puncte c in die umgebende Sphäre wirkend, so muß ihre Wirkung in dem Verhältniß des umgekehrten Quadrats der Entfernung von c immer schwächer werden, je weiter sich dieselbe verbreitet. Eben die Quantität von Kraft, welche innerhalb der Gränzen CA und CB auf den Raum ab wirkt, dessen Entfernung von c 1 ist, wirkt auf den Raum AB, dessen Entfernung 2 ist. Der Raum AB ist aber 4mal so groß, als der Raum ab; in AB erleidet also jedes Atom nur $\frac{1}{4}$ der Wirkung, welche jedes in a erleidet. Man denke sich die Verbreitung fortgesetzt, so erleidet der Raum in der dreifachen Entfernung, da er 9mal so groß ist, als der Raum in der einfachen, für jedes Atom nur $\frac{1}{9}$ der Wirkung u. s. w.

Achard's Versuche gegen **Berthier** in s. phys. chem. Schr. S. 197.

§. 129.

Nach diesem Gesetze **ist alle irdische Masse** gegen die übrige Erde, **schwer**; und wir haben keinen Grund anzunehmen, daß es irdische Materien ohne Schwere gebe.

§. 130.

Man kann die Anziehungen der einzelnen irdischen Körper gegen einander, so lange sie einander

der nicht unmittelbar berühren, nicht leicht wahrnehmen, weil ein einzelner irdischer Körper von der großen Erdmasse zu stark angezogen wird, als daß seine geringe Anziehung gegen einen anderen einzelnen irdischen Körper sich zeigen könnte.

Indessen zeigt sie sich doch unter gewissen Umständen; so bei Körpern, welche auf dem Wasser schwimmen, auch bei so wenig aus dem Wasserspiegel herausragenden, daß ihre Annäherung gegen einander wohl nicht aus den Wasserbergen an ihnen erklärt werden kann.

So auch bei dem Abtröpfeln des Wassers oder einer Salzlauge aus einem spitzigen Seihezeuge, dessen Spitze nahe über dem Spiegel des im sammlenden Behälter stehenden Wassers ist. Jeder hinabfallende Tropfen, weilt, vermöge der Anziehung zur Spitze des Seihezeugs und dem noch daran befindlichen Rest des Tropfens auf dem Wasserspiegel, ehe er sich mit dem ganzen Wasser vereinigt, so daß man ihn auf denselben noch als Kugel wahrnehmen kann.

§. 131.

Da die Materien der Körper verschieden sind (§. 64.), wie wir unten näher betrachten werden, so könnte es seyn, daß einige Materien a (bei Gleichheit der anziehenden Massen und Entfernungen) von gewissen Materien b stärker angezogen werden, als von gewissen anderen c. Man würde diese relative Verschiedenheit die **specifische Anziehung** nennen. Wirklich findet man in der Erfahrung eine solche specifische Anziehung, zumal bei unmittelbarer Berührung (§. 197.).

§. 132.

§. 132.

Da die Anziehung der Körper wechselseitig (reciproca) ist (§. 129.), so muß, wenn zwei **Massen** m und M (Taf. 1. fig. 8.) **einander anziehen**, dieses so betrachtet werden, daß m von M, hingegen auch M wiederum von m gezogen wird, und man kann daher (da die Summe der wechselseitigen Anziehungen aller Atome der Massen m+M auf die Bewegung der ganzen Masse m+M wirkt) die dabei wirkende bewegende Kraft so betrachten, als ob sie aus dem Mittelpunct c einer geraden Linie zwischen den Mittelpuncten der Körper m und M nach diesen beiden hin wirkte. Nothwendig wird sie auf beiden Seiten gleich große Bewegung bewirken: und daher die **große Masse** M **langsamer** gegen m, die **kleine Masse** m **geschwinder** gegen M bewegt werden, so daß der Unterschied dieser Geschwindigkeiten sich umgekehrt verhält, wie die Massen, zu denen sie gehören (§. 92.). Sind die Massen so ungleich, daß die eine m nur einen äusserst kleinen Theil der andern M ausmacht, so wird die **große Masse** M so wenig bewegt werden, daß sie ganz zu **ruhen**, und nur die **kleine Masse** m sich gegen die große M zu **bewegen** scheint.

§. 133.

Da die Theile der Erde alle wechselseitig gegen einander schwer sind, so entsteht daraus in jedem denkbaren Durchmesser allein (§. 132.), und da der Mit-

Mittelpunct der Kugel allen Durchmessern derselben gemein ist, so entsteht daraus ein Bestreben aller Theile der Erde zur Bewegung nach dem Mittelpuncte derselben (§. 126 und 97).

Man sehe die §. 126 beigefügte Einschränkung.

§. 134.

Indem ein irdischer Körper vermöge der Schwere fällt, wird die Größe seiner Bewegung, wie jeder (§. 89) durch seine Geschwindigkeit und Masse bestimmt. Wir unterscheiden beide Factoren durch die Namen **Schwere** und **Gewicht**.

§. 135.

Die **Schwere** (*Gravitas*) eines Körpers ist das Bestreben desselben zu fallen. Dieses muß nach Maaßgabe der Umstände, von denen es abhängt, eine gewisse Stärke haben, d. h. der Körper muß sich bestreben, mit einer gewissen Geschwindigkeit zu fallen. Daher sind in dieser Rücksicht bei den schweren Körpern die Namen **Schwere** und **Geschwindigkeit** (nämlich diejenige, welche der Körper im **Fallen** hat, oder bei Hindernissen doch zu erlangen sich bestrebt) gleichbedeutend.

§. 136.

Die Schwere der Körper ist bei übrigens gleichen Umständen (§. 128 b.) **einerlei**, die Masse derselben mag groß oder klein seyn: eben das Bestreben zu fallen, welches der eine Atom hat, hat auch der

der andere. Daher müssen die Körper, (wenn sie frei, d. h. ohne Widerstand eines Mittels fallen,) mit gleicher Geschwindigkeit fallen.

Wenigstens die von einerlei Art der Materien; bei verschiedenen Materien könnte vielleicht, wie für die Adhäsion, so schon für die Schwere, die specifische Anziehung einen Unterschied machen.

Daß demungeachtet **dichtere** Körper **geschwinder** fallen, als minder dichte, rührt von dem Unterschiede des Verhältnisses her, das der Widerstand der getroffenen und ausweichenden Luftsäule (oder eines andern Mittels,) zu der größern Bewegung eines dichteren Vörpers und zu der kleineren Bewegung eines minder dichten (§ 55.) hat. S. unten das Kapitel vom **Widerstande**.

§. 137.

Das **Gewicht** (*Pondus*) eines Körpers hingegen ist die Quantität seiner schweren Masse (die Menge seiner schweren Atome). Da wir keinen Grund haben anzunehmen, daß es (irdische) Materien gebe, welche nicht (gegen die Erde) schwer wären (§. 129), so dürfen wir vielleicht Masse (§. 54) und Gewicht der Körper für einerlei halten, und mithin uns des Wägens bedienen, um die Massen der Körper zu messen. Dieses bestätigt sich, wenn wir bei dem Stoße, dem Schwunge (§. 108) ꝛc. wo es gar nicht auf Schwere, sondern auf Bewegung in anderen Richtungen ankommt, — finden, daß die Massen in der Rechnung sich allemal wie die angewandten Gewichte verhalten.

§. 138.

Das Gewicht eines Körpers an sich selbst betrachtet, in Rücksicht auf den Druck, Stoß, Zug, den es ausüben kann, heißt das **absolute Gewicht** (Pondus *absolutum*) p. Unter dem Namen **specifisches Gewicht** (Pondus *specificum*) s hingegen verstehen wir das Verhältniß des absoluten Gewichts p eines Körpers zu seinem Volumen v.

$$s = \frac{p}{v}$$

daher auch $p = sv$

§. 139.

Wenn die Volumina zweier Körper gleich sind, so verhalten sich ihre **specifischen** Gewichte, wie ihre **absoluten**.

$$s : S = \frac{p}{v} : \frac{P}{v} = p : P$$

§. 140.

Wenn die absoluten Gewichte zweier Körper gleich sind, so verhalten sich die **specifischen Gewichte, umgekehrt**, wie die **Volumina**.

$$s : S = \frac{p}{V} : \frac{p}{v} = v : V$$

§. 141.

Wenn alle Masse schwer ist (§. 124. 136), so sind Dichtigkeit (§. 55.) und specifisches Gewicht

einerlei. Und dann wird eben so, wie oben (§. 123), das **wahre** und **scheinbare** specifische Gewicht unterschieden werden müssen.

Bei festen Körpern wird (durch das Abwägen in Wasser) fast allemal nur das **scheinbare** specifische Gewicht gefunden.

Einige nennen dieses das **relative**.

§. 142.

Die Schwere ist eine beständige Eigenschaft der Körper, und wirkt auf den Fall derselben nicht nur im Anfange, sondern **stetig** fort. Dies zeigt nicht allein die Erfahrung nicht anders, sondern es ist auch nicht a priori zu beweisen, daß die allgemeine Anziehung (§. 128) in abwechselnden Zeiten wirke und nicht wirke. Daher muß der Fall der Körper eine **beschleunigte** Bewegung seyn (§. 85).

§. 143.

Man nehme ein Zeittheilchen t als Einheit an, und nenne den Fallraum, welchen ein Körper im ersten Zeittheilchen durchläuft, c; (weil wenn die Zeit bestimmt ist, die Geschwindigkeiten sich wie die Räume verhalten.) Im zweiten Zeittheilchen wird der Körper, wenn er auch aufhörte, schwer zu seyn, die erlangte Geschwindigkeit beibehalten, und durch den gleichen Raum c laufen, bloß vermöge der Trägheit (§. 84); aber vermöge der Schwere, welche fortfährt ihn zu treiben, muß er ebenfalls durch c laufen; folglich wird er in dem

zwei-

zweiten Zeittheilchen durch den Raum 2c fallen. Im dritten Zeittheilchen behält er die erlangte Geschwindigkeit 2c wegen der Trägheit bei, vermöge der fortwirkenden Schwere kommt noch einmal c hinzu, mithin wird 3c der Fallraum für das dritte Zeittheilchen seyn. Eben so 4c der Fallraum für das vierte, 5c der Fallraum für das fünfte Zeittheilchen u. s. f. So sieht man ein, daß die Fallräume in einer arithmetischen Progression zunehmen:

$$1c\ 2c\ 3c\ 4c\ 5c\ 6c\ 7c \ldots\ldots\ldots nc$$

Um die Summe der Fallräume für eine gegebene Summe von Zeittheilchen, also den ganzen Fallraum für die gegebene Zeit n zu finden, wird man die Summe der äussern Glieder 1 + n so vielmal nehmen müssen, als Gliederpaare, d. h. halbmal so viel nehmen müssen, als Glieder sind: demnach wird der ganze Fallraum s für die ganze Zeit n =

$$\frac{n}{2}.(n+1).c$$

seyn.

§. 144.

Da aber die Schwere immerfort auf die Körper wirkt, so darf man in dieser Betrachtung als Einheit kein bestimmbares Zeittheilchen, sondern man muß ein unendlich kleines Zeittheilchen setzen. Dann ist für jede bestimmbare Zeit die Menge n der Zeittheilchen unendlich, so daß in jener Formel

+1 verschwindet. Daher verwandelt sich die Formel in

$$\frac{n}{2}.n.c = \frac{n^2}{2}.c$$

§. 145.

Wenn nun ein Fallraum s zur Zeit t, ein anderer Fallraum S zur Zeit T gehört, so verhält sich

$$s:S = \frac{t^2}{2}.c : \frac{T^2}{2}.c$$

oder

$$s:S = t^2 : T^2$$

d. h. die Fallräume (frei) fallender Körper verhalten sich, wie die Quadrate der (vom Anfange des Falles angerechneten) Zeiten.

Galilei fand zuerst dieses Gesetz durch richtige Ansicht des Falles und suchte es durch Versuche auf schiefen Flächen zu bestätigen. Sein Schüler **Torricelli** hat die Demonstration vortrefflich ausgeführt.

Galileo Galilei *discorsi e dimostrazione matematiche intorno a due nuove science attenenti alla mecanica ed i muovimenti locali.* Lugd. Bat. 1638. 4. und in seinen *Opere.* Firenze 1718. 4. II. p. 429. Dess. *dialogus de motu locali.* L. B. 1699. 4.

Evangelista Torricelli *de motu gravium naturaliter descendentium et proiectorum.* Florent. 1641. 4.

(Es wird in dieser Demonstration der Körper als frei fallend betrachtet, ohne daß man auf den Widerstand der umgebenden Mittels Rücksicht nimmt. Davon unten.)

Der

Der arithmetisch bewiesene Satz läßt sich durch eine **geometrische Darstellung** anschaulich machen. Man denke sich (Tab. II. fig. 7.) die Zeittheile (etwa Secunden) einer gegebenen Zeit, welche unter der Linie a5 dargestellt wird, a1, 2, 3, 4, 5; unter den senkrechten Linien 1b, 2c, 3d, 4e, 5f, die Fallräume, welche dazu gehören. Wenn der Körper, den wir uns hier unter einem Puncte vorstellen, in der ersten Secunde durch den Raum 1b = 1 fällt, so fällt er in der zweiten Secunde vermöge der Trägheit durch den gleichen, aber vermöge der fortwirkenden Schwere ebenfalls durch den gleichen, also durch den doppelten Raum. In der dritten Secunde fällt er vermöge der Trägheit durch den doppelten Raum, vermöge der Schwere nochmals durch den einfachen, also durch den dreifachen Raum u. s. w., wie die Linien 1b, 2c, 3d, 4e, 5f, ausweisen. Da aber, wegen der beständig einwirkenden Schwere nicht Secunden, sondern unendlich kleine Zeiteinheiten gedacht werden müssen, so denke man sich die Zeitlinie a5 in unendlich kleine Zeiteinheiten (Zeitatome, hier in der Linie Raumpuncte) getheilt. Für jedes dieser Zeitatome denke man sich eine senkrechte Linie, wie 1b, als Fallraum; alle diese Linien (Raumlinien), welche (als Differentialien von Fläche betrachtet) das **Dreieck** a1b ausmachen, stellen zusammengenommen den Fallraum für **eine** Secunde; alle, welche das Dreieck a2c ausmachen, zusammengenommen den Fallraum für **zwei** Secunden; alle, welche das Dreieck a3d ausmachen, zusammengenommen den Fallraum für **drei** Secunden, u. s. w. dar. Zählen kann man diese Linien nicht, das Verhältniß ihrer zu den Zeiten gehörenden Summe zu finden, muß man den Flächenraum der von ihnen gleichsam

aus=

ausgefüllten Dreiecke vergleichen. Nun aber verhalten sich diese, (wegen der parallelen Richtung der senkrechten Linien, ähnlichen) Dreiecke zu einander, wie die Quadrate ihrer ähnlich liegenden Seiten:

$$a1b : a2c = 1^2 : 2^2$$
$$a1b : a3d = 1^2 : 3^2$$
$$a1b : a4e = 1^2 : 4^2$$
$$a1b : a5f = 1^2 : 5^2$$

folglich verhalten sich die **Fallräume**, wie die **Quadrate der Zeiten**.

Wenn man aus den Theilungspuncten der Hypotenuse a f queere Parallelen mit a 5 zieht, und die dadurch entstehenden gleichen Parallelogramme wieder durch Diagonalen in gleiche Dreiecke theilt, so ist der ganze Flächenraum a 5 f in gleiche Dreiecke getheilt, und man kann Anfängern um so leichter anschaulich machen, daß der Fallraum a 1 b für **eine** Secunde, in dem Fallraume für **zwei** Secunden **viermal**, in dem Fallraume für **drei** Secunden **neunmal**, in dem Fallraume für **vier** Secunden **sechszehnmal**, in dem Fallraume für **fünf** Secunden **fünf und zwanzigmal** enthalten sey.

§. 146.

Daraus erhellet weiter, daß die Fallräume für die **einzelnen** gleichen Zeittheile wachsen, wie die **ungeraden Zahlen**. Der Fallraum für die

erste Secunde sey	1.s
so ist der für die	
zweite	3.s
dritte	5.s
vierte	7.s
fünfte	9.s
u. s. w.	

§. 147.

§. 147.

Wenn ein Körper, dessen Anfangsgeschwindigkeit (im ersten unendlich kleinen Zeittheilchen) c ist (§. 142), eine Zeitlang T und mithin durch eine gewisse Höhe S gefallen ist, so hat er durch den Fall im lezten Zeittheilchen eine gewisse Endgeschwindigkeit v erlangt. Diese Endgeschwindigkeit v ist $= T.c$, wenn c die Anfangsgeschwindigkeit im ersten Zeittheilchen t und T die Zahl solcher Zeittheilchen in der ganzen Fallzeit bezeichnet.

$$S = \frac{T^2 c}{2} \text{ (§. 144), also } c = \frac{2S}{T^2}.$$

Man setze den letzten Ausdruck für c, so ist

$$v = T . \frac{2S}{T^2} = \frac{2S}{T}$$

Man findet also die **Endgeschwindigkeit** v, wenn man die **doppelte Fallhöhe mit der Zeit dividirt.**

Auch dieses läßt sich an fig. 7. anschaulich machen. Die Linie 5 f ist die Endgeschwindigkeit für die Zeit, welche die Linie a 5 ausdrückt. Das Dreieck a 5 f stellt den ganzen Fallraum für diese Zeit vor; man verdopple es, so hat man ein Rectangel, welches ein Product aus a 5 und 5 f ist, folglich mit der Zeit a 5 dividirt die Endgeschwindigkeit 5 f giebt.

§. 148.

Wenn ein Körper mit der in einer gewissen Zeit T durch eine gewisse Fallhöhe S erlangte Endgeschwin-

schwindigkeit v sich, ohne ferner von der Schwere getrieben zu werden, fortbewegte, so würde er in der **folgenden** eben so langen **Zeit** $= T$ durch den **doppelten Raum** fortbewegt werden, d. h. der Raum, welchen er nun, mit gleichmäßiger Geschwindigkeit durchliefe, würde $= 2S$ seyn. Denn

da $v = \frac{2S}{T}$ (§. 147), so ist $v.T = \frac{2S}{T} . T = 2S$.

Auch dieses läßt sich an fig. 7 anschaulich machen. Man lasse den Körper, welcher am Ende der Fallzeit a 5 durch den Fallraum 5 f bewegt wurde, durch eine Zeit = a 5 mit gleichmäßiger Geschwindigkeit sich fortbewegen; so wird für jedes Zeittheilchen derselbe Fallraum durchlaufen werden; die Summe aller dieser Fallräume wird sich zur Summe aller Fallräume der ersten Zeit = a 5 verhalten, wie ein Rectangulum (das doppelt so groß, als das Dreieck a 5 f wäre,) zu dem Dreieck a 5 f.

§. 149.

Wenn $v = \frac{2S}{T}$ (§. 147), so ist $S = \frac{vT}{2}$; d. h. die **Fallhöhe**, durch welche ein Köcper in einer Zeit T (mit gleichmäßiger Beschleunigung) bewegt wird, ist gleich dem **halben Producte der Endgeschwindigkeit in die Zeit.**

§. 150.

Da die Endgeschwindigkeit mit den Zeittheilchen selbst in arithmetischer Progression wächst, (§. 143), so müssen sich die **Endgeschwindigkeiten,**

keiten, wie die Zeiten verhalten:

$$v : V : t : T$$

und mithin die Fallräume oder Fallhöhen auch, wie die Quadrate der Endgeschwindigkeiten:

$$s : S = v^2 : V^2 \text{ (§. 145).}$$

folglich

$$\sqrt{s} : \sqrt{S} = v : V$$

d. h. **die Endgeschwindigkeiten verhalten sich, wie die Quadratwurzeln aus den Räumen (Fallhöhen).**

§. 151.

Es ist angenommen, die Fallhöhe eines frei fallenden Körpers für die **erste** Secunde des Falles allgemein g zu nennen. Wenn dieses g für die erste Secunde = t gegeben wäre, so würde man die Fallhöhe S für jede gegebene Zeit T, nach der Proportion

$$t^2 : T^2 = g : S \text{ (§. 145)}$$

$$S = \frac{T^2 g}{t^2}$$

und weil hier $t^2 = 1$ ist,

$$S = T^2 g$$

finden, d. h. **die Fallhöhe für eine gegebene Zeit** (Zahl von Zeiteinheiten) **ist gleich der Fallhöhe für die angenommene Zeiteinheit mit dem Quadrate der Zeit multiplicirt.**

§. 152.

Umgekehrt findet man, wenn die Fallhöhe S für eine gegebene Zeit T gegeben ist, die Fallhöhe g für die erste Secunde des Falles, nach

$$T^2 : t^2 = S : g$$

$$g = \frac{t^2 . S}{T^2}$$

und weil hier $t^2 = 1$ ist

$$g = \frac{S}{T^2}$$

d. h. die Fallhöhe g für die erste Secunde des Falles ist gleich der Fallhöhe für eine gegebene Zeit mit dem Quadrat der Zeit dividirt.

Oben ist (§. 147) $c = \frac{2S}{T^2}$ hier hingegen ist $g = \frac{S}{T^2}$.

Diesen scheinbaren Widerspruch zu heben muß man bedenken, daß dort unter c ein unendlich kleines Raumtheilchen (Raumatom) als Fallhöhe für ein unendlich kleines Zeittheilchen (Zeitatom) verstanden wurde, hier aber unter g ein bestimmbarer Raum, nämlich die Fallhöhe für eine Secunde, welche unzählige solche c in sich enthält. Man setze s als Raumeinheit, die in einer unendlich kleinen Zeiteinheit durchlaufen wird, so wird in jener Formel (§. 143)

$$s = \frac{n}{2} . (n + 1) . c$$

$n = 1$, also

$$s = \frac{1}{2} . (1 + 1) . c$$

Hier darf 1 nicht weggelassen werden, folglich ist

s =

$$s = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot c = 1\,c$$

Vergleicht man mit s eine bestimmbare Fallhöhe S, für die Zeit T, so ist

$$s : S = 1\,c : \frac{T^2}{2} \cdot c$$

$$s : S = 1 : \frac{T^2}{2}$$

also $$s = \frac{S}{\frac{T^2}{2}} = \frac{2\,S}{T^2}$$

§. 153.

Da $S = g\,T^2$ (§. 151), und

$$v = \frac{2\,S}{T} \text{ (§. 147)}$$

so ist

$$v = \frac{2\,g\,T^2}{T}$$

$$v = 2\,g\,T$$

d. h. die **Endgeschwindigkeit** am Ende der Zeit T (des Falles) ist **gleich** dem Producte des doppelten Raums für die erste Zeiteinheit in die Zeit T.

§. 154.

Das g (§. 151) durch Beobachtung der Fallhöhe für die erste Secunde des Falles zu finden, ist wegen der Kürze des Raums und der auch schon im Anfange des Falles großen Geschwindigkeit fallender Körper nicht möglich. Man hat daher für

län-

längere Fallhöhen die dazu gehörenden längeren Zeiten beobachtet, und nach §. 152. daraus das g bestimmt.

Damit der Widerstand der Luft bei solchen Versuchen unbeträchtlich werde, muß man Körper von großem spec. Gewichte nehmen.

Galilei's fleissige Schüler, **Riccioli** (*Almagestum novum.* II. c. 21. Prop. 4.) und **Grimaldi** suchten ihres Lehrers Theorie des Falles durch Versuche zu erweisen, indem sie Kugeln von Kreite, 8 Unzen schwer, von abgemessenen Höhen herabfallen liessen. Neuere Versuche sind die von Guglielmini zu Bologna (*de diurno terrae motu experimentis confirmato.* Brem. 1792. 8.) und von **Benzenberg** zu Hamburg (Nachricht von Versuchen, welche im Hamburger St. Michaelisthurme über den Fall der Körper zum Beweise der Achsenumdrehung der Erde angestellt wurden in **Gilbert's** Annalen der Physik XI. 2. S. 169. Forts. XI. 4. S. 470. XIV. 3. S. 222. Die Versuche wurden mit Bleikugeln von 1 1/2 Zoll Durchmesser in Höhen bis zu 321 Par. Fuß angestellt. Andere Versuche in einen Schachte von 260 Pariser Fuß. Ebend. XVII. 4. S. 476).

Weil die Körper, auch wenn solche von großem specifischen Gewichte durch Luft fallen, doch zu schnell fallen, als daß man ihre Fallhöhen und die dazu gehörenden Zeiten ganz genau abmessen könnte, so bedient man sich zu Versuchen über den Fall einer **Maschine**, die dazu dient, den Fall im Ganzen langsamer zu machen, ohne doch die verhältnißmäßige Beschleunigung zu ändern.

Zwei kleine Gewichte A und B hängen an einem über ein am Umfange ausgekehltes senkrecht laufendes Räd-

chen

chen (oder zwei genau in einer Ebene laufenden Rädchen) gezogenen Faden. Das kleinere B stehe auf dem Boden am Ende einer senkrechten Scale; das größere A hängt oben am Anfang der Scale. Wie das kleinere B losgelassen wird, sinkt das größere A, und das kleinere steigt. Die natürliche Schwere heisse g, die Differenz A — B heisse m, so ist das Moment (§. 91) des fallenden Gewichts m g, weil B g eine ihm gleiche Quantität in A g aufhebt. Mit diesem hat es aber nicht nur sein eignes A, sondern auch B zu treiben. Die ganze zu treibende Masse A + B heisse M, und die Geschwindigkeit der Bewegung der ganzen sey x, so muß M x = m g, folglich

$$x = \frac{m\,g}{M}$$

werden, indem

$$M : m = g : x$$

d. h. so viel kleiner die eigentlich **bewegende** Masse m ist, gegen die ganze **bewegte** M, so viel kleiner wird die Geschwindigkeit x, mit der das ganze M steigend und fallend bewegt wird, gegen das g, mit welchem das m fallen würde, wenn es sich allein zu treiben hätte.

Damit nicht der Faden auf der Seite des sinkenden Gewichts das Gewicht im Sinken vermehre, dient es, beide Gewichte von unten durch einen eben so langen Faden zu verbinden, von dem an der einen Seite so viel mit dem steigenden Gewichte hinauf- als an dem oben an der andern Seite mit dem fallenden hinab geht.

Atwood's Fallmaschine. Einrichtung derselben von **Ernst Gottfr. Fischer** in **Gilbert's** Annalen der Physik. XIV. I. S. 1. Taf. 1.

§. 155.

§. 155.

Allein auch diese Versuche können doch nicht ganz die Genauigkeit verschaffen, welche die unten anzuführenden mit dem Pendel angestellten gewähren. Aus diesen folgt, daß die Fallhöhe eines frei fallenden Körpers in der ersten Secunde = g = 15,094662... Pariser oder 15,625... Rheinländischen Fußen sey.

Huygens *horologium oscillatorium.* Paris. 1673. fol. P. IV. Prop. 15. Kästner's Anfangsgründe der höheren Mechanik. 2te Ausg. Gött. 1793. S. 47. 339. Huygens selbst bestimmt g proxime pedum 15 vnciae vnius = 15,08333.....

Ein Körper fällt also, frei fallend, in

Secunden:		Fuß.
1	g	15
2	4.g	60
3	9.g	135
4	16.g	240
5	25.g	375
In der		
ersten	g	15
zweiten	3.g	45
dritten	5.g	75
vierten	7.g	105
fünften	9.g	135

§. 156.

Diese Bestimmung gilt von Gegenden in unserer gemäßigten Zone und solchen Orten, die nicht

sehr

sehr hoch über der Meeresfläche erhaben liegen. Da die Erde ein an den Polen abplattes Sphäroid, folglich der Halbmesser des Aequators größer als die halbe Axe ist, so ist dieses g unter dem Aequator etwas kleiner, nahe an den Polen größer; auch ist es auf hohen Gebirgen größer, als in tiefen Gegenden: wie beides aus dem Gesetze der Gravitation (§. 128 b.) erhellet, und die Erfahrung an den Versuchen mit dem Pendel bestätigt hat.

S. unten das Kap. vom Pendel.

§. 157.

Unter dem Aequator a q (Tab. I. fig. 12.) und nahe bei demselben ist die Schwere noch aus einem andern Grunde geringer, als nach den Polen n, s, zu, nämlich wegen der Wälzung der Erde um ihre Axe n s, welche vermöge der Centrifugalkraft (§. 107) die Theile der Erde von der Axe wegtreibt. Diese Kraft ist 1) unter dem Aequator am größten, weil unter ihm als einem größten Kreise die Geschwindigkeit am größten ist, und nimmt, nach den Polen hin, wie die Parallelkreise kleiner werden; ab; 2) wirkt sie unter dem Aequator a q in c a der (nach a c wirkenden) Schwere ganz entgegen; unter einem Parallelkreise b d, (wo die Schwere nach b c wirkt,) hingegen nur mit einem Theile f b entgegen, indem die nach e b wirkende Centrifugalkraft in die Kräfte e f und f b zerlegt werden kann (§. 100).

§. 158.

Wenn ein schwerer Körper senkrecht aufwärts geworfen wird, mit einer Geschwindigkeit, welche die Schwere (§. 155) übertrift, so **steigt** er mit **verzögerter** Bewegung in die Höhe, weil er dem Wurfe bloß vermöge der Trägheit folgt, und die davon abhängende Geschwindigkeit **aufwärts** in jedem Zeittheile dieselbe bleibt (§. 84), die Schwere aber ihn stetig **abwärts** treibt, folglich die Geschwindigkeit aufwärts von Zeittheil zu Zeittheil in eben dem Maasse abnehmen muß, mit welchem die Schwere den Fall der Körper beschleunigt (§. 146). Wenn endlich die Geschwindigkeit aufwärts o geworden, so fängt der Körper an zu fallen und **fällt** dann mit beschleunigter Bewegung herab, so daß er in eben so viel Zeittheilchen den Rückweg vollendet, als er auf dem Wege nach oben zugebracht hatte.

Man kann sich dieses auch so vorstellen, daß der Körper auch nach vollendetem Steigen immer noch vermöge der Trägheit mit gleicher Geschwindigkeit zu steigen strebt, weil aber nun die von der stetig wirkenden Schwere abhängende Geschwindigkeit abwärts größer wird, als die Geschwindigkeit aufwärts, negativ steigt, d. h. fällt.

Es sey z. E. die Geschwindigkeit, mit welcher er aufwärts geworfen wird, = 10.g (§. 155), so steigt er in der

Secunde	1	durch	10.g — g = 9.g
——	2	—	10.g — 3.g = 7.g
——	3	—	10.g — 5.g = 5.g

Secun-

Secunde	4	durch	10.g	—	7.g	=	3.g
——	5	—	10.g	—	9.g	=	g
——	6	—	10.g	—	11.g	=	— g
——	7	—	10.g	—	13.g	=	—3.g
——	8	—	10.g	—	15.g	=	—5.g
——	9	—	10.g	—	17.g	=	—7.g
——	10	—	10.g	—	19.g	=	—9.g

Man sieht hieraus, daß ein senkrecht aufwärts getriebener Körper, von der Schwere gehindert, nur zu derjenigen Höhe hinaufsteigen kann, aus welcher er bei dem Herabfallen durch diese Höhe eben die Geschwindigkeit erhalten würde, mit welcher er senkrecht aufwärts getrieben wurde.

§. 159.

Wenn ein schwerer Körper (Tab. I. fig. 13.) **horizontal** (von A gegen B) geworfen wird, so fällt er in einer (halben) **Parabel** A m n p C, deren Scheitelpunct A der Anfang der Bahn, und deren Axe die gerade Linie A d ist, nach welcher der Körper fallen würde, wenn ihn bloß die Schwere triebe.

Dieses läßt sich aus dem Lehrsatze vom Parallelogramme der Kräfte (§. 97) beweisen. Der Körper A wird von dem **Wurfe** horizontal fortgetrieben; diesem folgend geht er in jeder Secunde in horizontaler Richtung mit gleicher Geschwindigkeit fort. Von der **Schwere** wird er senkrecht abwärts getrieben; dieser folgend fällt er, von Secunde zu Secunde beschleunigt, so daß die Fallhöhen für die vom Anfang verflossenen Zeiten sich verhalten wie die Quadrate der Zeiten (§. 145). Dadurch bestimmt sich nach §. 146, wenn die Linie A a = 1.g = 15′ und A 1 die horizontale Geschwindigkeit ist, für die

Secunde 1 die Bahn A m

Secunde 2 die Bahn m n
—— 3 — — n p
—— 4 — — p C

Nun denke man statt der bestimmten Zeittheile und Raumtheile unendlich kleine, so daß die Abweichungen m, n, p, stetig werden, so verwandelt sich die gebrochene Bahn A m n p C in eine krumme, in welcher die Absciſſen A 1, A 4, A 9, A 16 sich verhalten, wie die Quadrate der Ordinaten a m (= 1), b n (= 2), c p (= 3), d C (= 4), d. h. in eine (halbe) Parabel.

§. 160.

Wenn ein schwerer Körper (Tab. I, fig. 14.) **schräg aufwärts** (von A nach q) geworfen wird, so beschreibt er eine (ganze) Parabel ApnmamnpB, deren Scheitelpunct 4 das höchste seiner Bahn, und deren Axe die gerade Linie 4 C ist, nach welcher er herabfallen würde, wenn ihn, nachdem er dieses Punct erreicht hat, bloß die Schwere triebe. Im Steigen beschreibt er die erste Hälfte A 4, im Fallen die andere 4 B.

Die senkrechte Linie A 16, und die mit ihr parallelen denke man sich in Theile getheilt, deren jeder = 1 g (§. 151. 155.) ist. Die senkrechte Geschwindigkeit des aufwärts führenden Wurfs sey 8.g (willkührlich angenommen). Man zerlege nach dem Lehrsatze vom Parallelogramme der Kräfte die schräge Bewegung des Wurfs A q für die erste Secunde in eine senkrechte A 8, und eine horizontale 8 q. Die horizontale wird in ihrer Geschwindigkeit durch die Schwere nicht vermindert; aber die senkrechte wird durch dieselbe um 1 mal g vermindert,

mindert, bleibt demnach nur = A 7. Aus beiden bestimmt sich das Parallelogramm A X p 7, und die Diagonale A p, als die Bahn des Körpers in der **ersten** Secunde.

In der zweiten Secunde bleibt die horizontale Geschwindigkeit dieselbe, aber die senkrechte wird um 3mal g vermindert, bleibt demnach nur = 5mal g. So bestimmt sich das Parallelogramm p y n z und die **Diagonale** p n, als die **Bahn** des Körpers in der **zweiten** Secunde.

In der dritten Secunde bleibt wieder die horizontale Geschwindigkeit dieselbe, aber die senkrechte wird um 5mal g vermindert, bleibt demnach nur = 3mal g. So bestimmt sich das Parallelogramm v m x n und die **Diagonale** n m, als die **Bahn** des Körpers in der **dritten** Secunde.

Die Fortsetzung dieser Betrachtung ergiebt sich aus der Figur und §. 158. 159. **Galilei** hat dieses Gesetz aus seiner Theorie des Falles (§. 145) abgeleitet. *Dialogus de motu locali.* L. B. 1699. IV. Th. 1.

Der Widerstand der Luft ändert, zumal bei großer Geschwindigkeit der geworfenen Körper, (wie der mit Feuergewehr geschossenen Kugeln,) beträchtlich ab. S. unten den Abschnitt **vom Widerstande.**

Sechstes Kapitel.

Von der Anhaftung und Zusammenhaltung.

---

§. 161.

Unter dem Namen Cohäsion werden gemeiniglich zwei verschiedene Erscheinungen begriffen, welche wohl von einander zu unterscheiden sind: 1) die **Anhaftung** (*Adhaesio*), d. i. das Bestreben zweier Körper, die einander berühren, in der Berührung zu beharren; 2) die **Zusammenhaltung**, gewöhnlich der **Zusammenhang** (*Cohaesio, Cohaerentia*) genannt, d. i. das Bestreben **eines** Körpers, in der Einheit seiner Masse zu beharren.

Man ist jedoch genöthigt, von beiden im Zusammenhange zu reden, da es mehrere Erscheinungen giebt, bei denen es sehr schwierig ist, zu bestimmen, ob sie von Cohäsion oder nur von Adhäsion abhängen.

§. 162.

Zwei Körper **berühren** einander, wenn ihre Oberflächen einander höchst nahe treten. Die **Berührung** kann in einem Puncte der Oberfläche, in einer Linie, in einer Fläche, (einer kleineren oder größeren —) Statt finden.

§. 163.

Ein Körper ist eine stetige Raumerfüllung (solidum continuum), hat daher keine Theile, die durch

durch natürliche Gränzen geschieden wären und die Theile, welche man in ihm sich denken kann, gehen unmittelbar einer in den andern über.

§. 164.

In **einem** Körper findet also keine Berührung (§. 162) Statt. Allein es giebt **Körperhaufen** (*Aggregata* corporum), welche aus mehreren einzelnen Körpern bestehen, die einander berühren, und daher stark an einander haften, so daß ein solcher Haufen oft als **ein** Körper angesehen wird.

§. 165.

Ein Körper kann auf mancherlei Weise in Theile getrennt (**zerstückt**) werden. Jede Kraft, welche strebt, dieses zu thun, findet in dem Körper einen größeren oder geringeren Widerstand: diese ist das, was wir Cohäsion ꝛc. (§. 161) zu nennen pflegen; bewegenden Kräften widerstrebend, also selbst eine Kraft. Indessen haben wir nicht nöthig, eine besondere **Cohäsionskraft** anzunehmen; wir führen sie füglich auf eben die Grundkraft zurück, welche wir (§. 120) die **anziehende** genannt haben, und welche in jedem Körper, mit seiner Dehnkraft vereinigt, selbst dasjenige ausmacht (Ebend.), was man seine Masse nennt (§. 54).

§. 166.

In Rücksicht auf die Größe dieser Kraft, und die Art, wie dieselbe sich äussert, sind die Körper

viel-

vielfach verschieden. Wir unterscheiden sie indessen in dieser Rücksicht zuvörderst in **flüssige** und **feste**.

§. 167.

Flüssige Körper (Corpora *fluida*) haben eine so schwache Cohäsion, daß sie bloß durch diese den sie zu trennen strebenden Kräften einen äusserst kleinen Widerstand leisten. Sie ist so schwach, daß sie nicht fähig sind, irgend eine selbstständige Gestalt zu behaupten, sondern immer diejenige annehmen, in welche sie durch die Lage und den Widerstand umgebender Körper oder durch Anziehungen versetzt werden. Hingegen ist die Cohäsion in allen Theilchen eines flüssigen Körpers gleichmäßig; sie lassen sich in jeder Richtung gleich leicht trennen, und sich aus jeder Lage in jede andere verschieben, ohne ihren Zusammenhang zu verlieren, so daß ihnen jede Gestalt gleichgültig (**indifferent**) ist.

Vielleicht hat ein flüssiger Körper nur **Adhäsion**, nicht **Cohäsion** (§. 161) (S. unten §. 204). Allein, wenn dieses ist, so müssen doch in einem flüssigen Körper Theilchen seyn, **welche** einander adhäriren, deren jeder einzelne aber in sich Cohäsion hat. Dieses anzunehmen führt aber dann freilich gewissermaassen auf Atomistik (§. 113), und das unbefangene Nachdenken darüber zeigt uns wenigstens, wie wenig wir von der Materie **wissen** (§. 37).

Daß auch die flüssigen Körper Cohäsion haben, zeigt sich bei dem Aufheben der auf einem Wasserspiegel liegenden Platten, welche eine dünne Schicht Wassers mit sich nehmen. Es erfordert die dabei entstehende Trennung des Wassers eine merkliche Kraft.

§. 168.

§. 168.

Feste Körper (Corpora *firma*) haben eine bei weitem stärkere Cohäsion, so daß sie den Kräften, welche sie zu trennen streben, einen beträchtlichen Widerstand leisten. Sie hat zwar in ihnen auch verschiedene Grade, ist aber noch in den schwächsten immer stark genug, daß sie selbstständige Gestalt behaupten können. Hingegen ist die Cohäsion nicht in allen Theilen jedes festen Körpers gleichmäßig, sie widerstehen mit mehr oder weniger Unterschied der Trennung nach einer Richtung mehr, als nach der anderen.

§. 169.

Die leztere Erscheinung hat jedoch ihren Grund nur darin, daß viele Körper, welche man feste Körper nennt, jeder nicht **ein** Körper (§. 163. 164), sondern eine Versammlung (Aggregat) mehrerer fester Körper sind, welche nur an einander haften (sibi invicem adhaerent). Diese Anhaftung ist dann nach einigen Richtungen größer, als nach anderen.

§. 170.

Viele feste Körper (eigentlich Aggregate fester Körper) haben einen faserigten Bau (structura fibrosa), so daß sie aus Fasern (Fibrae) bestehen. Eine **Faser** (*Fibra*) ist nach der Länge beträchtlich ausgedehnt, nach der Breite und Dicke aber so unbeträchtlich, daß diese Dimensionen gegen die Länge äusserst

äusserst klein sind. Sie kann übrigens **ein** Körper seyn, durch ihre ganze Länge Cohäsion haben, oder aus kleineren Körperchen bestehen, zwischen denen nur Adhäsion Statt findet. Allemal aber ist auch dann die Adhäsion der Theilchen **einer** Faser unter einander viel stärker, als der einen Faser an die andere.

§. 171.

Wir beobachten an sehr vielen Materien verschiedener Art, daß sie aus dem flüssigen Zustande in den festen übergehen können. Dabei zeigt sich in der Erfahrung das **plastische Gesetz**: jede Materie nimmt, indem sie aus dem flüssigen Zustande in den festen übergeht, eine **bestimmte Gestalt** an, (wenn sie nicht durch Einschränkung des nöthigen Raums, oder Mangel der nöthigen Ruhe von aussen daran gehindert wird.)

Eine gewisse Art von Steinen, welche eine bestimmte Gestalt haben, hieß seit langer Zeit **Krystall** oder eigentlich **Chrystall**. Davon ist nach und nach der Name auf Salzkörper von bestimmter Gestalt, u. s. w. auf Körper von (natürlich) bestimmter Gestalt überhaupt, übergetragen worden, so daß heutiges Tages **Krystallisation** soviel heißt, als die Annehmung bestimmter Gestalt.

de Romé de l'Isle *essay de crystallographie.* Paris 1772. 8. übers. von **Chr. Ehrenfried Weigel.** Greifsw. 1777. 8. Sec. ed. 1784. 8.

Manche größere Krystalle sind offenbar aus kleineren, dem ganzen ähnlichen, oder unähnlichen Krystallchen zusammen-

mengesetzt. Diese Beobachtung reicht aber freilich nicht hin, um die Krystallisation zu erklären, denn es bleibt die Frage, wie entstehen diese kleinen Krystallchen? S. unten das Kap. vom **Magnetismus**.

Hauy's *molecules integrantes.* Haüy *essay d'une theorie sur la structure des crystaux.* Paris 1784. Des Herrn **Hauy** Abriß der Theorie von der Structur der Krystalle übers. in **Gren's** n. Journ. der Phys. II. S. 418.

§. 171. b.

Indem ein flüssiger Körper sich krystallisirt, so lassen die einzelnen Krystalle, welche aus ihm entstehen und einander anhaften, (ein Aggregat ausmachen,) auch die kleineren Krystallchen, welche noch genauer einander anhaftend die größeren Krystalle als Aggregate der kleineren ausmachen, zwischen sich kleinere und größere **Zwischenräume** (§. 63). Wegen dieser Zwischenräume zeigt sich oft ein fester Körper scheinbar lockerer (§. 123) oder specifisch leichter (§. 141), als ein ~~fester~~ derselben Art. Von dieser Porosität hängt es auch ab, daß die Oberflächen fester Körper nicht so vollkommen glatt werden können, als die Oberflächen flüssiger, und daß Oberflächen, auch sehr glatter, fester Körper, einander doch nicht in allen Puncten berühren.

§. 172.

Auch die festen Körper halten wieder in sehr verschiedenem Grade zusammen, und werden in dieser Rücksicht **stark** oder **schwach** genannt.

§. 173.

Die Cohäsion eines Körpers kann durch Dehnung der Länge nach aufgehoben (zerrissen) werden, indem die beiden einander entgegengesetzten Enden desselben (durch andere Körper festgehalten) nach entgegengesetzten Richtungen von einander ab bewegt werden. Die Cohäsion, in so fern sie diesem Zerreissen wiedersteht, heißt **absolute** Cohäsion. Sie zeigt sich in den Körpern von verschiedenem Grade, ist am stärksten in den dehnbaren Metallen, aber bei diesen wieder von sehr verschiedener Stärke, und steht dabei nicht mit der Dichtigkeit im Verhältnisse.

Petr. van Musschenbroek *introductio ad cohaerentiam corporum firmorum* in s. *Diss. phys. experim.* L. B. 1729. 4. p. 423. Id. *de cohaerentia et firmitate* in s. *Introd. ad philosophiam naturalem.* I. p. 390. Er stellte Versuche mit Metallen, Hölzern, Tüchern, Fellen, Saiten rc. an.

Von den Metallen nahm er Dräthe von 1/10 rheinl. Zoll Dicke.

Gold	zerriß	von	500	Pfund
Eisen	—	—	450	—
Silber	—	—	370	—
Messing	—	—	360	—
Kupfer	—	—	299 1/4	—
Zinn	—	—	49 1/2	—
Blei	—	—	29 1/4	—

Graf von Sickingen (Versuche über die Platina. Mannheim 1782. 8.) hat diese Versuche in einer sehr zweckmäßig eingerichteten Maschine noch genauer angestellt;

stellt; indem er Metalldräthe nicht nur von gleicher Dicke (0,3''' Paris.), sondern auch von gleicher Länge (2') nahm. Daher erhielt er ein anderes Verhältniß

		Pfund	Unz.	Qu.	Gran
Eisen (sehr sprödes) zerriß von		60	12	0	8
Eisen (wenig sprödes)	— —	39	6	0	47 2/3
Messing	— —	40	15	3	14 6/7
Kupfer	— —	33	0	7	64
Platina	— —	28	7	3	65 5/7
Silber	— —	20	11	1	43 1/7
Gold	— —	16	6	0	43 3/7

Es ist bei solchen Versuchen nicht aus der Acht zu lassen, daß die streckbareren Metalle durch die angebrachten Gewichte erst sich strecken lassen (§. 177 b), ehe sie zerreissen und dann in einer viel geringeren Dicke zerreissen, als die ist, welche sie anfangs hatten, und welche die minder streckbaren (bis zur Zerreissung) behalten. Kant metaph. Anfangsgr. der Nat. Wiss. S. 91.

§. 174.

Hingegen kann auch die Cohäsion eines Körpers durch einen Druck, welcher senkrecht auf seine Längendimension geht, aufgehoben (zerbrochen) werden, indem der Körper an beiden Enden oder im größten Theile seiner ganzen Länge so befestigt ist, (beim Druck von oben durch Gewicht, aufliegt,) daß er nicht im Ganzen ausweichen kann. Die Cohäsion, indem sie diesem Zerbrechen widersteht, heißt **relative** oder **respective Cohäsion.**

Musschenbroek's Versuche über absolute und relative Cohäsion verschied. Holzarten a. a. O. Buffon *experiences sur la force des bois* in den *Mem. de l'acad.*

l'acad. de Paris. 1740. pag. 153. 1741. p. 292. Gottl. Ludwig von Pöllnitz Abh. über die Festigkeit der Materialien. Leipz. 1795. 8.

§. 175.

Ausserdem zeigen sich die Cohäsion der Körper und die mit ihr verbundene Abhäsion (§. 161) auf sehr verschiedene Weise. Ein fester Körper heißt **hart** (*durum*), in so fern er dem Eindrucke eines andern widersteht. Die Härte ist, wie die Cohäsion überhaupt, relativ verschieden; ein Körper ist härter, ein anderer minder hat; absolut hart ist keiner zu nennen, doch ist der Demant in unserer irdischen Sphäre der härteste. Ein Körper, der von einem andern leicht einen Eindruck annimmt, heißt (im Verhältniß gegen diesen) **weich**; doch eigentlich nur dann, wenn er dabei seine Zusammenhaltung behält, indem seine Theile sich an einander verschieben lassen, ohne diese zu verlieren. Wenn er nicht nur leicht einen Eindruck von einem andern annimmt, sondern auch dabei seine Zusammenhaltung leicht verliert, so heißt er **mürb**.

Die weichsten Körper machen den Uebergang zu den liquiden; oft ist das, was man einen weichen Körper nennt, ein Gemeng von festen Körperchen mit einem liquiden.

Die mürben Körper sind, wenn nicht immer, doch meist, Aggregate von einzelnen Körperchen, deren jeder vielleicht sehr hart seyn kann.

§. 176.

§. 176.

Ein fester Körper heißt **steif** oder **starr** (*rigidum*), wenn die Richtung seiner Theile gegen einander durch große Kraft nicht geändert werden kann; **schlaff** (*laxum*), wenn sie durch geringe Kraft geändert werden kann.

§. 177.

Ein fester Körper heißt **biegsam** (*flexilis*), wenn er nach einer, oder gar nach mehreren Dimensionen die Richtungen seiner Theile ändern lässet, ohne seine Zusammenhaltung zu verlieren; ein im hohen Grade biegsamer Körper heißt **zähe** (*tenax*): **zerbrechlich** (*fragilis*) nennt man die entgegengesetzte Beschaffenheit; einen im hohen Grade zerbrechlichen Körper **spröde**; insbesondere, wenn seine Theile gegen einander eine solche Spannung haben, daß wenn einer oder einige derselben abgebrochen werden, der Bruch sich auf andere von der brechenden Gewalt nicht berührte fortsetzt.

Beispiele ausserordentlicher Sprödigkeit an den geschwänzten **Glastropfen**, und an den **Bologneserflaschen** (*Phialae Bononienses*).

Da es bei dem Aendern der Richtung hier auf das Mehr und Weniger ankommt, so kann ein Körper von einer Art bei einer kleineren Länge steif, bei einer größeren schlaff und biegsam erscheinen. Beispiele geben dünne lange **Glasfäden**, sehr lange **irdene Pfeifen**, der biegsame **Gelenkquarz**.

§. 177. b.

§. 177. b.

Von der Biegsamkeit ist, obwohl oft mit ihr verbunden, die **Streckbarkeit** (*ductilitas*), zu unterscheiden, bei welcher in einem Körper eine Dimension (der Länge) beträchtlich vermehrt, dagegen die anderen (Breite und Dicke) beträchtlich vermindert werden können, ohne daß derselbe seine Zusammenhaltung verliert. Diese Eigenschaft scheint in einer großen Feinheit der Theilchen aus denen ein Körper besteht, zu bestehen, vermöge deren sie in sehr verschiedenen Lagen mit einander in genauer Berührung bleiben; wenn diese Vorstellung richtig ist, so besteht sie nicht in Cohäsion, sondern nur in einem hohen Grade der Adhäsion.

Ein hoher Grad der Streckbarkeit wird ebenfalls Zähigkeit (§. 177) genannt.

Bei einigen streckbaren Körpern findet das Strecken nur durch **Ausspannung**, bei andern aber auch durch **Hämmern** Statt. Jenes vermehrt unmittelbar die Länge und mindert dadurch mittelbar Breite und Dicke, (oder Länge und Breite zugleich, und mindert dadurch bloß die Dicke;) dieses mindert unmittelbar die Dicke, und vermehrt dadurch mittelbar Breite und Länge.

§. 178.

Einige feste Körper sind vermöge der äussersten Feinheit ihrer an einander haftenden Theilchen und vermöge der schwachen Anhaftung derselben an einander **geschmeidig**; sie schmiegen sich fast so leicht in jede von umgebenden festen Körpern ihnen bestimmte

stimmte Gestalt, als ob sie flüssig wären. Von dieser Art sind der mit Wasser wohl geknetete zur Töpferwaare ꝛc. zubereitete Thon; noch mehr die Fette und Balsame (Terpentin ꝛc.), jedes in der Temperatur, welche nur wenig kälter als sein Schmelzpunct ist. Die letzteren lassen wegen der schwachen Anhaftung ihrer Theilchen sehr leicht einige derselben an andere sie berührende Körper fahren, die an diesen desto mehr haften, je größer ihre specifische Anziehung zu denselben ist. Darauf, und auf das schnelle Einschmiegen derselben in die Vertiefungen der Oberfläche des berührenden Körpers beruhrt das, was man **schmierig** nennt.

§. 179.

Einige Körper lassen sich **zusammendrücken**, d. h. durch äussere Kräfte, welche ihre Gränzen nach innen treiben, sich in einen kleineren Raum beschränken.

§. 180.

Bei den flüssigen Körpern (§. 167) findet ein sehr beträchtlicher Unterschied unter den liquiden und den Gasarten Statt, von dem jedoch der Grund erst im Kapitel von der Wärme eingesehen werden kann. Die **tropfbarflüssigen** oder **liquiden** unterscheiden sich von den festen, jeder in seiner Art, bloß darin, daß sie flüssig sind. Sie sind nicht beträchtlich weniger dicht, so daß ein fester Körper, wenn er vermöge der Krystallisation nur ein wenig porös

ist

ist (§. 171. b.), sogar auf dem flüssigen derselben Art schwimmt. Sie lassen sich daher auch nicht beträchtlich zusammendrücken, und zeigen, (als liquide,) kein beträchtliches Bestreben, sich in einen grösseren Raum auszudehnen.

Abich und Zimmermann haben durch Versuche an einer eigentlich dazu eingerichteten Vorrichtung gezeigt, daß das Wasser sich doch ein wenig zusammendrücken lasse ꝛc. und dann ein Bestreben zeige, sich wieder in einen größeren Raum auszudehnen. **E. A. W. Zimmermann** über die Elasticität des Wassers. Leipzig, 1779. 8.

§. 181.

Ein **Gas** oder eine **Luft** (*Aër*) ist in viel höherem Grade ausgedehnt, so das die Liquida von der geringsten Dichtigkeit die dichtesten Gasarten noch mehrere hundertmale an Dichtigkeit übertreffen. Daher ist Intensität der Dehnkraft (§. 122) in dem Gas nur gering, und es läßt sich sehr beträchtlich zusammendrücken (§. 179). Je mehr es aber zusammengedrückt wird, desto mehr nimmt die Intensität seiner Dehnkraft zu, desto mehr bestrebt es sich also, sich in einen größern Raum auszudehnen.

Sowohl unsere gemeine Luft, als jede andere Gasart, ist, so wie sie uns erscheinen kann, immer im etwas zusammengedrückten Zustande und bestrebt sich daher immer, sich in einen größern Raum auszudehnen. Wie ein Gas sich verhalten würde, wenn es von aller Zusammendrückung gänzlich befreit wäre, kann uns die

Erfahrung nicht lehren; es folgt aber aus der Theorie von der Bildung der Materie, daß es dann so weit, und nur so weit sich ausdehnen müßte, bis seine Dehnkraft durch Verbreitung in einen größeren Raum hinlänglich geschwächt wäre, um seiner schwachen anziehenden Kraft das Gleichgewicht zu halten. S. darüber mehreres im Kap. von der **Luft**, und dem von der **Wärme**.

Vom Unterschiede der bleibenden und nicht bleibenden Gasarten oder Dünste, imgleichen von den Dämpfen s. unten im Kap. von der **Wärme**.

§. 182.

Die Theilchen eines liquiden Körpers ziehen **alle** einander an, und gleichmäßig an; daher muß ein liquider Körper sich selbst überlassen nothwendig die Gestalt einer **Kugel** annehmen, die man einen **Tropfen** (*Gutta*) nennt. In einer solchen Kugel sind alle Theilchen gegen den Mittelpunct derselben schwer (§. 128).

§. 183.[b]

Da eine liquide Flüssigkeit specifisch schwerer ist, als ein Gas (§. 181), so fallen in unserer irdischen Sphäre, von einem ganzen liquiden Körper, (der durch einen festen Behälter unterstützt wird,) einzelne kleine Theile, vermöge der schwachen Cohäsion sich trennend, nach und nach herab, wenn dieselbe ihre Unterstützung allmälig verlieren, (z. E. über den Rand eines Gefäßes hingleiten, oder durch die Poren eines Seihezeuges siepern,) und bloß von

der gemeinen Luft oder einem andern Gas umgeben sind. Sie nehmen dabei, vermöge der gleichmäßigen Anziehung aller ihrer Theilchen, nothwendig die Kugelgestalt an. Das Trennen solcher Tropfen von einem größern liquiden Körper heißt **Tröpfeln** (stillare).

§. 183.

Da eine jede liquide Kugel in unserer irdischen Sphäre im Ganzen gegen die Erde schwer ist, so kann es in dieser nur sehr kleine liquide Kugeln geben, und solche versteht man eigentlich, wenn man von Tropfen spricht. Nur in solchen kleinen Kugeln sind auch die äussersten Theilchen nahe genug (§. 128 b.) am Mittelpuncte derselben, um sich gegen die Anziehung zur Erde in der kugelförmigen Gestalt erhalten zu können. Bei größeren sind die äussersten Theilchen der Kugel so weit entfernt von ihrem Mittelpuncte, daß sie schwerer gegen die Erde, als gegen einander sind; daher ändert die Schwere gegen die Erde die kuglichte Gestalt ab und macht sie bei fallenden liquiden Körpern von oben nach unten **länglicht**, bei durch andere Körper unterstützten **platt** (d. i. in den horizontalen Dimensionen mehr ausgedehnt), so daß die abgerundete Gestalt nur im horizontalen Umfange erscheint.

Wenn ein liquider Körper bloß schwer wäre, so würde er in einem Gefäße ruhig stehend mit durchaus horizontaler Oberfläche, wenn er bloß Cohäsion hätte, mit kuglichter Oberfläche stehn. Da er schwer ist, und Cohäsion

sion hat, (d. h. da er gegen die Erde schwer ist, und seine Theilchen auch gegen einander schwer sind,) so wird seine Gestalt durch beide Kräfte bestimmt. Seine mittleren höheren Säulen sinken so lange nieder, bis seine innere Anziehung dem senkrechten Druck ihres Gewichts das Gleichgewicht hält.

§. 184.

Je weiter von der Erde ein Tropfen entfernt ist, desto größer kann derselbe seyn, ohne daß seine Kugelgestalt durch die Anziehung gegen die Erde geändert wird (§. 183), wie uns schon die großen Regentropfen zeigen. In sehr großen Entfernungen von der Erde und anderen Weltkörpern im Weltenraume schwebend würden Tropfen so groß, als diese Weltkörper selbst, sich bilden können, und ohne Zweifel ist unsere Erde, sind auch andere ähnliche Weltkörper, anfangs Tropfen gewesen.

§. 185.

Von der Zertheilung in Tropfen (§. 182. b.) hat man die liquiden Körper **tropfbare** oder **tropfbarflüssige** genannt. Allein die Gasarten würden, wenn sie in einen leeren Raum oder nur in ein Mittel versetzt würden, daß sich in der Dichtigkeit zu ihnen verhielte, wie die Gasarten zu den liquiden Körpern, unter denselben Umständen (§. 182 bis 184) ebenfalls Kügelchen oder Tropfen bilden, und unsere Atmosphäre ist wahrscheinlich ein hohler Tropfen, (der die Erde selbst als einen Kern enthält.)

§. 186.

Die Körper sind **elastisch**, d. h. sie haben ein Bestreben, ihre Größe (Volumen) und Gestalt, wenn diese durch äussere Kräfte sind verändert worden, wiederum herzustellen.

§. 187.

Wenn die Größe (§. 49) und Gestalt eines jeden Körpers, so weit sie nicht von äusseren Kräften bestimmt wird, von seinen innern Kräften, d. h. von den beiden Grundkräften der Materie (§. 117) abhängt, wie wir in den Kapiteln von der Wärme und vom Magnetismus mit mehrerem einsehen werden, so muß Elasticität nothwendig eine **allgemeine** Eigenschaft aller Körper seyn. Eine äussere, dehnende oder zusammendrückende, biegende rc. Kraft kann die eine oder die andere der inneren Kräfte eines Körpers überwinden, und dadurch seine Größe und Gestalt verändern; ist dabei nichts von der überwundenen Kraft entwichen, so wird, sobald die äussere Kraft nachläßt, die innere sowohl Größe, als Gestalt, wieder herstellen müssen. Es ist also kein Körper absolut unelastisch. Allein, je nachdem die Körper fest, oder flüssig, die flüssigen liquide oder Gas rc. sind; je nachdem ein Körper mit Cohäsion aller seiner Theile **ein** Körper, oder nur mit Adhäsion derselben ein Aggregat mehrerer Körper ist (§. 163. 164), wird die Elasticität sowohl dem Grade, als der Art nach verschieden seyn.

§. 188.

Absolut elastisch würde ein Körper seyn, welcher bei jeder auch noch so großen äusseren Kraft, welche seine Größe oder Gestalt veränderte, dieselbe wiederum annähme. Ein solcher Körper ist aber nicht denkbar. Die Elasticität eines Körpers reicht, seiner Beschaffenheit gemäß, nur bis zu einem gewissen Maasse von äusserer Kraft; ist diese zu groß, so wird die überwundene innere Kraft auch vermindert, (ein größerer oder geringerer Theil von ihr zu entweichen gezwungen,) und mithin, nachdem die äussere Kraft nicht mehr wirkt, die vorige Größe oder Gestalt der Körpers nicht wieder völlig hergestellt. Auch eine zu lange Dauer der Wirkung einer für kürzere Dauer nicht zu großen Kraft hat dieses mehr oder weniger zur Folge.

§. 189.

Einige Körper sind in hohem Grade elastisch, und werden daher gewöhnlich **elastisch** genannt. Andere sind in so geringem Grade elastisch, daß man sie, im Verhältniß gegen jene, als **unelastisch** betrachtet, und auch so zu nennen pflegt.

§. 190.

Da ein Körper, um Elasticität zu zeigen, seine Größe und Gestalt muß ändern lassen, so werden oft die **harten** Körper den **elastischen** entgegengesetzt. Allein es ist so wenig ein Körper absolut hart, als absolut unelastisch; es giebt sehr verschiedene

Gra-

Grade, von Elasticität, wie von Härte, und es kann ein Körper im hohen Grade hart und im hohen Grade elastisch zugleich seyn.

§. 191.

Bei einem **Gas** (§. 181), als einer mit vorwaltender Dehnkraft begabter Materie, zeigt sich diejenige Art von Elasticität im höchsten Grade, vermöge deren es, nachdem es zusammengedrückt war, das vorige größere Volumen wiederum annimmt. Man nennt sie die **ausdehnende** oder **expansive Elasticität**, auch, (wie die Grundkraft selbst, von der diese Elasticität abhängt,) die **Expansivkraft**. Oft heißt sie auch schlechtweg Elasticität, und die Gasarten werden oft **elastische Flüssigkeiten** genannt.

Die nähere Betrachtung derselben s. unten im Kap. von der **Luft**.

§. 192.

Bei einem **liquiden** Körper (§. 180), als solchem, ist diese expansive Elasticität sehr geringe und vielleicht nur Lufttheilchen zuzuschreiben, welche mit ihm vermengt sind. Wenn aber ein liquider Körper, vermöge der gleichmäßigen Anziehung seiner Theilchen zu einander, die Kugelgestalt angenommen hat (§. 182), so ist er in Rücksicht auf diese Kugelgestalt allerdings elastisch.

Dieses zeigt sich deutlich, wenn ein an einem festen Körper (einer Feder) hängender Tropfen durch Stoß, Schwung — länglicht wird, durch Hemmung der Be-

we-

wegung noch vor der Trennung bewahrt wird, und sich wieder in seine kuglichte Gestalt zurück zieht.

§. 193.

Feste Körper (§. 168) haben die expansive Elasticität noch weniger, als liquide; diejenige, welche einige derselben beträchtlich zeigen, ist Lufttheilchen zuzuschreiben, welche in ihren Zwischenräumen eingeschlossen sind. Hingegen haben einige derselben, von der anziehenden Kraft abhängende **zusammenziehende Elasticität** oder **Contractilität**, vermöge deren sie, wenn sie ausgedehnt waren, das vorige kleinere Volumen wiederum annehmen. Diese Art von Elasticität heißt auch **Spannkraft** (*Tonus*). Meist, wenn nicht allemal, erstreckt sie sich nicht auf Ausdehnung des ganzen Volumens, sondern nur auf Ausdehnung nach einer (oder zweien) Dimensionen, bei der die anderen (oder dritte) Demensionen abnehmen, so daß sie nicht das ganze Volumen wieder vermindert, sondern nur das Verhältniß aller Dimensionen wieder herstellt.

§. 194.

Bloß von der anziehenden Kraft, ohne daß man dabei auch auf die Dehnkraft zurück zu gehen nöthig hätte, kann auch diejenige Art der Elasticität abgeleitet werden, welche man die **Federkraft** oder **Spannkraft** nennt, vermöge deren die festen Körper, wenn sie durch äussere Kraft nach einer oder der andern Dimension **gebogen** (krummer gemacht,)

macht,) oder **gereckt** (flacher krumm oder gerade gemacht) werden, ihre alte Geradheit oder Krümmung wieder annehmen, sobald die biegende oder reckende Kraft wieder nachläßt.

Hieher gehört nicht bloß die Elasticität einer eigentlichen Feder (z. E. einer Stahlfeder), sondern auch die einer gespannten Saite, einer Glocke, einer (z. B. elfenbeinernen) Kugel rc.

Merkwürdige Elasticität sehr dünn geblasenen und langsam abgekühlten Glases.

§. 195.

Da die Anziehung der Körper gegen einander sich (unter übrigens gleichen Umständen) umgekehrt, wie das Quadrat der Entfernung verhält (§. 128 b.), so muß dieselbe, wenn sie einander **berühren** (§. 162), stärker, als in jeder Entfernung wirken. Darauf beruhet die **Anhaftung** (*Adhaesio*) (§. 161), welche jedoch nie so stark seyn kann, als die Zusammenhaltung (Cohaesio), weil bei dieser nicht bloß höchste Nähe der Körper, sondern Vereinigung ist (§. 165).

§. 196.

Wenn zwei Körper einander berühren, so verhält sich unter übrigens gleichen Umständen die Stärke ihrer Anhaftung zu einander, **wie die Menge der Berührungspuncte** (§. 51), also, wenn alle Puncte zweier Berührungsflächen wirklich in Berührung kommen, **wie die Größe der Berührungsflächen.**

§. 197.

§. 197.

Die verschiedenen Materien der Körper machen für die Stärke der Anhaftung einen wichtigen Unterschied. Einige haften, bei übrigens gleichen Umständen stärker an einander, andere schwächer. Es erhellet aber daraus, daß es eine **specifische Anziehung** (§. 131) gebe.

Wenn Platten von verschiedenen Metallen, Holz, Glas rc. an einen Arm eines Wagebalkens aufgehangen, dann auf die obere Fläche von Wasser, Weingeist, Oel, Quecksilber rc. gelegt werden, so, daß sie diese genau berühren, uud keine Luft darunter bleibt, so sind am andern Arme sehr verschiedene Gewichte nöthig, um die Platten abzureissen. S. de **Morveau** rc. Anfangsgr. der Chemie übers. von **Weigel** I. Lpz. 1779. S. 49. **Achard** phys. chem. Schr. S. 354.

§. 198.

Zwei **flüssige Körper, von einerlei Art**, (einerlei Materie,) haften nicht nur zusammen, sobald sie einander berühren, sondern **vereinigen sich in einen**, (laufen zusammen, wie man sagt.) Wenn sie bloß von ihrer eignen innern Anziehung abhängen, so müssen zwei flüssige Kugeln, vermöge der gleichmäßigen Anziehung aller Theilchen unter einander, bei der Vereinigung, zu **einer** größeren Kugel werden: bei den irdischen Flüssigkeiten können wir dieses wegen ihrer Schwere nur an kleinen Kugeln (Tropfen) wahrnehmen, weil bei größeren die mittleren Theile zu hoch werden, und daher

her mit ihrem Gewichte zu stark senkrecht niederdrücken, als daß sie von der innern Anziehung getragen werden könnten, auch nur dann, wenn sie nicht an einem andern Körper haften, dessen Anziehung ihre Kugelgestalt aufhebt (§. 122 c.).

Exempel: Zwei **Quecksilberkügelchen** auf einer Unterlage von reinem glatten **Porcellan** zusammengeschoben vereinigen sich augenblicklich in ein Kügelchen.

§. 199.

Eben dieses geschieht auch bei zwei flüssigen Körpern, wenn sie zwar nicht von einerlei, aber doch **ähnlicher**, Art (Materie) sind.

Exempel: Wasser und Weingeist, Baumöl und Terpentinöl, geschmolzenes Blei und Zinn rc.

§. 200.

Flüssige Körper haften an **festen**, wenn sie dieselben berühren; die Stärke dieser Anhaftung richtet sich unter übrigens gleichen Umständen gleichen Umständen nach jenem Gesetze (§. 196). Darauf und auf dem Gesetze der Gravitation (§. 128 b.) beruhet das **Naßwerden** fester Körper, wenn sie in flüssige getaucht oder flüssige auf sie geschüttet werden, und das **Abtröpfeln** derselben, wenn der flüssige Körper sich an einer nach unten gekehrten Fläche des festen befindet, und eine größere Masse des flüssigen Körpers am festen hängt, als derselbe nach der Stärke der Anhaftung tragen kann.

Eine gewisse Quantität Wasser kann an der untern Fläche einer Glasplatte hängen bleiben, wenn sie in einer dünnen Lage auf derselben verbreitet ist; wenn aber dieselbe als ein großer Tropfen an derselben hängt, so wird ein Theil derselben abtröpfeln, 1) weil für das Gewicht eben dieser Masse zu wenig Berührungspuncte da sind; 2) weil bei der Gestalt des Tropfens viele Theile so weit von der Glasplatte entfernt werden, daß ihre Anziehung zu derselben zu schwach wird, um die Wirkung des Gewichts aufzuheben (§§. 196. 128 b.).

Wasser auf ein konisch zugespitztes Seihezeug von Fließpapier gegossen, tröpfelt nach und nach durch dasselbe durch. Es siepert allmälig durch die Poren desselben, und versammelt sich, an der schiefen Fläche abtriefend, an der Spitze zu einem Tropfen. So lange der Tropfen klein ist, bleibt er am Seihezeuge hängen, indem seine Anziehung zum Seihezeuge sein geringes Gewicht aufhebt. Sobald er aber zu groß wird, tröpfelt ein Theil von ihm ab 1) weil sein Gewicht für die Menge der Berührungspuncte zu groß wird 2) weil wegen des größeren Durchmessers des Tropfens die unteren Theile zu weit von der Spitze des Seihezeuges entfernt werden.

Vera's Seilmaschine. **Lichtenberg's** Mag. für das Neueste aus der Physik. I. 3. S. 95.

§. 201.

Nicht alle flüssige Körper haften an festen, sondern es zeigt sich nach der Verschiedenheit der Materien auch eine große Verschiedtnheit der specifischen Anziehung (§. 131. 197).

§. 202.

An den Oberflächen der in der atmosphärischen Luft befindlichen Körper haftet mehr oder weniger diese **Luft**, so daß, wenn sie in Wasser oder andere liquide Körper getaucht werden, sie eine sie zunächst umgebende dünne Luftschicht mit sich nehmen. Eben diese hindert auch bei Körpern, welche keine starke specifische Anziehung zu einander haben, die Berührung, so daß, wenn sie gleich unserm Auge einander zu berühren (§. 162) scheinen, sie doch nur einander sehr nahe treten; hindert dann eben dadurch auch die Anhaftung; da hingegen Körper, welche eine starke specifische Anziehung zu einander haben, ungeachtet der sie umgebenden Luftschichtchen in Berührung treten, indem sie, eben wegen jener starken Anziehung zu einander die Anziehung der Luft zu ihnen überwinden, und dieselbe zwischen sich herauspressen.

So haftet Wasser an Glase, ungeachtet vorher beide von Luft umgeben waren, hingegen Quecksilber nicht. Aber auch dieses haftet einigermaaßen an demselben, sobald man durch Erhitzung die es umgebende Luftschicht beträchtlich verdünnt und dadurch ihren Widerstand schwächt.

§. 203.

Daß ein fester Körper in einen flüssigen getaucht und wieder herausgezogen, oder auch nur an der Gränze desselben mit ihm in Berührung gebracht, Theile vom Ganzen an sich halte, (naß werde,)

de,) dazu wird nicht allein Anziehung des flüssigen Körpers zu dem festen erfordert, sondern auch, daß die äussere Anziehung des flüssigen zu dem festen größer sey, als seine **innere** (seiner Theilchen unter einander (§. 123 b.).

§. 204.

Da bei dieser Erscheinung die Verbindung der Theilchen eines flüssigen Körpers durch die Adhäsion zwischen ihm und einem festen aufgehoben wird, Adhäsion aber nicht stärker seyn kann, als Cohäsion (§. 195) so ist wahrscheinlich die Verbindung der Theilchen eines flüssigen Körpers nicht Cohäsion, sondern nur Adhäsion (§. 161)?

§. 205.

Ein flüssiger Körper, der auf einem festen (der horizontalen oder schiefen Oberfläche desselben) liegt, kann nur dann Tropfen bilden (§. 182 fgg.) wenn seine Materie zu der des festen eine so schwache Anziehung hat, daß diese schwächer ist, als seine innere, (seiner Theilchen unter einander.) Wenn seine Anziehung zu dem festen Körper größer ist, als seine innere, so zerstört dieselbe seine kugelförmige Gestalt: der Tropfen **zerfließt**.

So kann Quecksilber auf Porcellan, Glas, Holz, Papier ꝛc. Tropfen bilden, zerfließt aber auf Gold, Silber, Zinn ꝛc. Wasser zerfließt auf den meisten Körpern: doch kann es auf fettigen Körpern, auch auf Porcellan, Glas ꝛc. Tropfen bilden, wenn diese dünn

mit

mit Fett bestrichen, oder mit Hexenmehl (Semen lycopodii) bestreuet werden. Der auf einer mit dem lezteren bestreuten Fläche lose und frei herum laufende Wassertropfen wird dabei mit Hexenmehl überzogen, denn wenn gleich seine Anziehung zu demselben zu schwach ist, um selbst durch ihn getrennt zu werden, oder seine Kugelgestalt zu verlieren, so ist doch die allgemeine Anziehung hinreichend, zu bewirken, daß der Tropfen die kleinen Stäubchen des Hexenmehls an sich ziehe und dieselben an ihm haften.

§. 206.

Wenn ein flüssiger Körper (es ist hier von irdischen Körpern die Rede) zu groß ist, um, auch unter der §. 205. vorausgesetzten Bedingung, kuglichte Gestalt annehmen zu können (§. 183) so nähert er sich doch derselben so viel, als sein Gewicht gestattet, und ist daher, obwohl platt, (d. h. von kleinerer Höhe, als Breite und Länge,) doch am Rande abgerundet, da hingegen die Oberfläche eines zerfliessenden Körpers mit scharfen Rändern in die Oberfläche des Körpers übergeht, auf dem er zerfließt.

§. 207.

So steht auch ein liquider Körper in einem hohlen festen Körper (Gefäße), der ihn von unten und von den Seiten unterstützt, nicht mit ganz ebener Oberfläche, sondern am Rande mit convexer Oberfläche, wenn seine innere Anziehung größer ist, als seine äussere zu der Materie des festen Körpers,

indem

indem dann der oberste Theil des liquiden Körpers sich der Kugelgestalt so viel als möglich ist, nähert (§. 183).

Quecksilber in gläsernen Röhren, andere geschmolzene Metalle in Schmelztiegeln ꝛc. Wasser in mit Fett bestrichenen gläsernen oder hölzernen Gefäßen ꝛc.

§. 207. b.

Hingegen steht ein liquider Körper in einem Gefäße am Rande seiner Oberfläche mit **concaver** Oberfläche, wenn seine Anziehung zu der Materie des festen Körpers größer ist, als seine innere.

Wasser und wäßrige Flüssigkeiten in gläsernen, hölzernen ꝛc. Gefäßen, Quecksilber in zinnernen ꝛc. Ganz horizontal würde ein liquider Körper in einem Gefäße stehen, wenn jene genannten Anziehungen ganz gleich wären.

§. 208.

Derselbe Unterschied zeigt sich bei festen Körpern, die auf einem liquiden Körper schwimmen, so bei Korkkügelchen, die auf Wasser schwimmen, und mit einem Wasserberge, oder auf Quecksilber schwimmen und von einer Vertiefung umgeben sind.

Wenn zwei auf Wasser schwimmende Korkkügelchen einander nahe kommen, so fliessen ihre Wasserberge zusammen, und indem der gemeinschaftliche Wasserberg an beiden haftet, zieht ein Kugelchen, irgend wohin bewegt, das andere nach sich. Dies geschieht nicht, wenn sie auf Quecksilber schwimmen, auch nicht auf Wasser, wenn sie mit Fett bestrichen, mit Hexenmehl bestreut sind.

§. 209.

§. 209.

Wenn ein Gefäß, das einen liquiden Körper enthält, übrigens nur mit Luft umgeben, so geneigt wird, daß es überfließt, d. h. daß nach und nach Theile des liquiden Körpers die Unterstützung verlieren und herabfallen, so fliessen diese **nicht** frei und **senkrecht** in der Luft herab, sondern vermöge der starken Anziehung zur Materie des Gefäßes, welche stark genug ist, das Gewicht der am Rande abfliessenden Theile aufzuheben, **schräge** an der äussern Fläche der Wand des Gefäßes hinunter. Es geschieht das letztere nicht, wenn diese Anziehung zu schwach ist.

Wasser fließt auf diese Weise an Glase, Thon, Holz rc. herab; Quecksilber nicht. Auch Wasser nicht an Gefäßen von jenen Materien, wenn ihre Oberfläche mit Fett bestrichen ist rc. Aber Quecksilber fließt eben so an zinnernen rc. Gefäßen herab.

Das Anhaften und schräge Abfliessen, wo jene starke Anziehung Statt findet, wird gehindert, wenn das Ueberfliessen so schnell geschieht, daß die Zeit der Berührung zur Wirkung der Anziehung zu kurz ist und das Gewicht der in jedem Zeittheilchen ausfliessenden Quantität zu groß ist, um durch die Anziehung an das Gefäß beträchtlich aufgehalten werden zu können. Auch wird es gehindert, wenn der Rand des Gefäßes, da wo das Ausgiessen geschieht, eine Ausgußrinne hat, die der ausfliessenden Flüssigkeit eine horizontale Richtung giebt, welche sie mehr von der äussern Fläche des Gefäßes entfernt.

§. 210.

Auch zwei feste Körper können an einander haften, wenn sie einander berühren (§. 162). Körperchen, welche nach allen Dimensionen sehr klein sind (**Stäubchen**), haften ohne besondere Umstände an anderen, so daß die Anhaftung ihr eignes Gewicht trägt. Aber größere feste Körper haften gewöhnlich an anderen nicht beträchtlich, weil sie dieselben in zu wenigen Puncten berühren, und der größte Theil ihrer Masse zu entfernt von dem andern Körper liegt. Daß ein fester Körper an einem andern beträchtlich genug hafte, um durch sein eignes Gewicht nicht abgerissen zu werden, dazu ist 1) nöthig, daß beide Körper mit ebenen oder doch concentrisch gekrümmten, und zugleich sehr glatten Oberflächen einander berühren, damit sie einander sehr viele Berührungspuncte darbieten; 2) daß die Dicke des unteren Körpers, (diejenige Dimension, welche senkrecht gegen die Berührungsflächen geht,) nur klein sey, nicht allein damit das Gewicht nach Verhältniß der Berührungsflächen nicht zu groß werde, sondern auch die ganze Masse sehr nahe an dem oberen Körper liege (§. 128 b.).

Anhaftung zweier ebener sehr glatt geschliffener Glasplatten, Messingplatten, (**Adhäsionsplatten**,) an einander.

Die **Belegung** des Eisens, Kupfers, mit dünnem Blattgolde, Blattsilber.

§. 211.

Wenn die Berührungsflächen zweier fester Körper vor der Berührung mit einem schicklichen liquiden Körper, der sich viel genauer an die festen anschmiegt, als das für die festen selbst möglich ist, dünn überzogen und dann, so genau als möglich, zusammen gebracht werden, so haften sie viel stärker zusammen, als wenn sie bloß an einander gelegt werden, weil der liquide Körper alle die kleinen Vertiefungen ausfüllet, welche wegen der Porosität der festen Körper auf ihrer Oberfläche, auch nach sorgfältiger Glättung, sind. Aber es ist dazu erforderlich, daß der liquide Körper selbst zu beiden festen Körpern eine hinlängliche Anziehung habe, damit er die Anhaftung beider vermitteln könne, und er thut dieses desto stärker, je mehr er in sich selbst Zusammenhang hat. Bei einerlei Materien findet man auch hier in der Erfahrung immer das Gesetz bestätigt, daß die Anhaftung sich, wie die Größe der einander berührenden **Flächen**, verhält (§. 196).

Ebene glatte **Glasplatten** mit **Wasser** befeuchtet haften stark zusammen.

§. 212.

Noch stärker, als flüssig bleibende liquide Körper, bewirken die Anhaftung solche, die, nachdem sie im flüssigen Zustande sich genau an die festen angeschmiegt und alle Vertiefungen ihrer Oberflächen aus-

ausgefüllt haben, **fest werden**, weil sie dann in sich selbst viel stärker zusammenhalten.

Das Zusammenkleben des Papiers mit Kleister aus Amylum, des Holzes mit **Leim**, das **Löthen** der Metalle. —

Das **Vergolden** mit Goldamalgama, **Versilbern** mit Silberamalgama.

Auch jene geschmeidigen und schmierigen Körper (§. 178), namentlich **Talg**, wirken bei solchen Adhäsionsplatten (§. 210), zu deren Materie sie hinlängliche Anziehung haben, z. E. Messing, viel stärker als flüssige.

Siebentes Kapitel.

Von einigen besonderen Verhältnissen der Bewegung.

---

1. Von dem Hebel.

§. 213.

Feste Körper können, vermöge ihrer Cohäsion (§. 168), auf eine gewisse Weise bewegt oder in dem Streben zur Bewegung gehemmt werden, welche nur durch die Idee eines **Hebels** (*Vectis*), d. h. einer (unbiegsamen) Linie, die in einem Puncte unbeweglich, übrigens aber beweglich ist, begriffen und bestimmt werden kann. Das unbewegliche Punct nennt man das **Ruhepunct**, auch wohl die **Unterlage** (*Hypomochlion*), obwohl dieser Name zunächst nur dasjenige bezeichnet, was einen Hebel, an dem Gewichte wirken, in einem Puncte unterstützt. Man nennt diese Idee gewöhnlich einen **mathematischen** (besser einen **ideellen**) Hebel, zum Unterschiede von einem wirklichen oder **physischen** Hebel.

§. 214.

Die Linie, welche den Hebel ausmacht, kann gerade, gebrochen (§. 75), oder krumm (ebend.) seyn. Wir betrachten zuvörderst den **geraden** Hebel, indem die anderen sich auf ihn zurückführen lassen.

§. 215.

Ein Hebel der ersten Art oder ein **zweiarmigter** Hebel (*Vectis heterodromus*) (Tab. II. fig. 15.) hat sein festes Punct irgendwo zwischen seinen Endpuncten, z. E. in c. Die beiden Theile des Hebels zu beiden Seiten dieses Puncts c1, c1, heissen seine **Arme**. Ein Hebel der zweiten Art oder ein **einarmigter** Hebel (*Vectis homodromus*) (fig. 17.) hat sein festes Punct an einem Ende z. E. in d.

§. 216.

Man denke sich ferner an einem Hebel zwei Kräfte einander entgegen wirkend; in Beziehung auf den Gebrauch des phýsischen Hebels im gemeinen Leben, und ausserdem zur leichteren Unterscheidung nennt man die eine derselben schlechtweg die **Kraft**, die andere die **Last**. (Bei der erfolgenden Bewegung des Hebels nennt man in der Kunst gemeiniglich diejenige Kraft **Last**, welche überwunden werden soll.) Am zweiarmigten Hebel befinden sich Kraft und Last zu beiden Seiten, jede an einer, des Ruhepuncts; am einarmigten Hebel beide an einer. Es liegt in der Natur des Hebels, da er unbiegsam und in einem Puncte unbeweglich ist, daß nicht **beide** Kräfte ihn **zugleich** bewegen können; sondern nur **eine** (die Kraft) ihn bewegen kann, indem sie die andere (die Last) überwindet, daß aber, wenn die Kraft, den Widerstand der Last überwindend, sich bewegt, dann auch die Last bewegt wer-

werden muß. Hier unterscheiden sich jene beiden Arten des Hebels darin, daß, 1) wenn bei dem **zweiarmigten** Hebel die Stelle des Hebels, an welcher die Kraft wirkt, nach einer Gegend hin bewegt wird, dann die Stelle, an welcher die Last wirkt, nach der **entgegengesetzten** bewegt wird (daher der Name *heterodromus*); 2) hingegen wenn bei dem **einarmigten** die Stelle des Hebels, an welcher die Kraft wirkt, nach einer Gegend hin bewegt wird, dann die Stelle, an welcher die Last wirkt, nach **derselben** Gegend hin bewegt wird (daher der Name *homodromus*).

§. 217.

Die allgemeine Kenntniß des Hebels zu erleichtern, betrachten wir erst den besondern Fall, in welchem der Hebel in einem Puncte von einer eigentlichen **Unterlage** (*Hypomochlion*) unterstützt, bloß in einer **senkrechten** Ebene, **auf**= und **abwärts**, beweglich ist, und denken uns die an demselben wirkenden Kräfte (Kraft und Last) als (**schwere**) **Massen**. Die Unterlage wird als ein Körper gedacht, welcher hinlängliche Festigkeit und Befestigung hat, um dem ganzen senkrechten Drucke der am Hebel abwärts ziehenden Massen zu widerstehen, so daß der **ganze** Hebel vor dem Fallen gesichert ist. Wenn am zweiarmigten Hebel die Kraft sinkt, muß die Last steigen; wenn die Kraft steigt, muß die Last sinken. Wenn hingegen am einarmigten

Hebel

Hebel die Kraft steigt oder sinkt, so steigt oder sinkt die Last mit (§. 216).

Nämlich das **Punct** des Hebels, an dem die Kraft wirkt, und das **Punct** des Hebels, an dem die Last wirkt. Denn am physischen Hebel lassen sich Gewichte an Schnüren hängend denken, die über Rollen geführt sind.

§. 218.

Wenn ein solcher Hebel bewegt wird, so hängt die Geschwindigkeit jeder an ihm wirkenden Masse von der **Länge des Hebelarmes**, an dem sie wirkt, (gemessen vom Ruhepuncte bis zu dem Puncte, an dem die Masse wirkt,) oder, was einerlei ist, von der Entfernung des Puncts, an welchem sie angebracht ist, vom Ruhepuncte ab. Daher **verhalten sich die Geschwindigkeiten der am Hebel wirkenden Massen, wie die Entfernungen** der Puncte, an welchen sie wirken, **vom Ruhepuncte.** (Tab. II. fig. 16.)

Eigentlich der Puncte am Hebel, an denen die Massen wirken, und welche man die **Massenpuncte** nennen kann. In der Zeichnung sind die Massen vorgestellt, als ob sie mittelst Schnüre an gewissen Puncten des Hebes hängen. Liegen die Massen am Hebel selbst, so ist das **Schwerpunct** (§. 239) jeder Masse das, was hier Massenpunct heißt (§. 240).

Wenn ein Hebel bewegt wird, so durchlaufen die Massenpuncte a und b die Bogen a e und b d in gleicher Zeit. Ihre Geschwindigkeiten verhalten sich also, wie diese Bogen (§. 81). Diese Bogen sind ähnliche Bogen,

oder

oder haben gleiche Zahl Grade, verhalten sich also in Längenmaaß, wie ihre Halbmesser ca und cb d. h. wie die Entfernungen der Massenpuncte a und b vom Ruhepuncte c.

§. 219.

Daher wird das **statische Moment** (§. 91) am Hebel (§. 217) bestimmt durch das **Product der Masse in die Entfernung derselben vom Ruhepuncte**, und eben dieses Product das **statische Moment** genannt, (wenn gleich der Hebel noch nicht in Bewegung ist.)

Die Massen heissen M und m, die Entfernungen E und e, so heissen die statischen Momente hier ME, me.

§. 220.

Wenn am Hebel (§. 217) **die statischen Momente** (§. 219) **gleich** sind, d. h. wenn das Product der einen an ihm wirkenden Masse in ihre Entfernung vom Ruhepuncte gleich ist dem Producte der andern ihr entgegen wirkenden Masse in ihre Entfernung vom Ruhepuncte, **so ist der Hebel in Ruhe.** Denn, wenn eines der beiden statischen Momente den Hebel in Bewegung setzen sollte, so müßte ein statisches Moment ein anderes ihm gleiches überwinden, welches unmöglich ist (§. 91).

Man drückt dies nach des Cartes so aus: wenn der (gleichzeitige) Weg der Last sich verhält zum (gleichzeitigen) Wege der Kraft, wie die Kraft zur Last, so ist der Hebel in Ruhe. Dieser Satz läßt sich auch auf andere einander entgegenwirkende Kräfte, (an der schiefen Ebene,

an

an communicirenden Röhren) anwenden, und heißt gewöhnlich das **Cartesische Kräftenmaaß.**

Gewissermaassen kann man bei einem in Ruhe stehenden Hebel, eben weil er in Ruhe ist, nicht von statischen Momenten (§. 90) reden. Allein es ist nach §. 219 allerdings statthaft, und dann kann man, wie oben geschehen ist, den Beweis dieses Satzes unmittelbar aus dem Axiome (§. 16) herleiten, welches man den **Satz des Widerspruchs** nennt. Es ist zwar, ehe der Hebel bewegt wird, noch keine Geschwindigkeit da; allein es liegt in der Natur des Hebels, daß die an ihm wirkenden Massen, **wenn** er sich bewegt, Geschwindigkeiten erhalten, welche den Entfernungen vom Ruhepunct proportional sind. Wenn nun die Massen und ihre Entfernungen am Hebel ein solches Verhältniß haben, daß in der Bewegung des Hebels die entstehenden Geschwindigkeiten mit ihren Massen gleiche statische Momente (nach §. 91) ausmachen würden, so kann **keine** dieser Massen den Hebel bewegen: folglich muß er **ruhen.**

§. 220. b.

Man nennt diesen Zustand des Hebels auch das **Gleichgewicht** (*Aequilibrium, Aequipondium*), obwohl dazu nicht gleiche Gewichte, sondern nur gleiche statische Momente nöthig sind (§. 91).

§. 221.

Es ist nämlich der Hebel in Ruhe, wenn die an ihm wirkenden **Massen** oder Gewichte (Tab. II. fig. 15.) **gleich**, und **gleich weit entfernt** vom Ruhepuncte sind. Er ist aber auch in Ruhe, wenn **ungleiche Massen** an ihm wirken, wofern sie nur

sich

sich **umgekehrt** zu einander verhalten, wie ihre Entfernungen, weil daraus die Gleichheit der statischen Momente (§. 90. 91) folgt (§. 218). Denn wenn die Masse M, die Entfernung e, die Masse m die Entfernung E hat, und

$$M : m = E : e$$

so ist $Me = mE$.

So würde am **zweiarmigten** Hebel fig. 16. die Masse $p = 1$ mit ihrer Entfernung $cb = 3$ multiplicirt gleich seyn der Masse $q = 3$ mit ihrer Entfernung $ca = 1$ multiplicirt. Indem die Masse 1 mit der Geschwindigkeit 3 sich bewegte, würde die Masse 3 mit der Geschwindigkeit 1 sich bewegen ꝛc. Am **einarmigten** fig. 17. würde die Masse $p = 1$ mit ihrer Entfernung $a2 = 2$ multiplicirt gleich seyn der Masse $q = 2$ mit ihrer Entfernung $d1 = 1$ multiplicirt ꝛc.

Ob **Kästners** Beweis (*vectis et compositionis virium theoria euidentius exposita.* Lipſ. 1753. 4. und Anfangsgr. der angew. Math. 2. Ausg. Götting. 1780. Mechanik. (§. 25.) vorzuziehen sey, zumal, da er sich nicht wohl auf die Fälle anwenden lässet, wo zwei oder mehrere Massen zweien oder mehreren Massen am Hebel entgegen wirken (§. 224), davon in den Vorlesungen.

§. 222.

Wenn das Product einer an dem Hebel wirkenden Masse in ihre Entfernung vom Ruhepuncte größer ist, als das Product der andern in ihre Entfernung, so würde jene, wenn sie den Hebel bewegte, mehr statisches Moment haben, als diese, wenn

sie

sie den Hebel bewegte. Daher wird unter dieser Voraussetzung die eine Masse die andere überwinden, und den Hebel bewegen. Man sagt in diesem Falle: die eine der beiden Massen habe **Ueberwucht** (*Superpondium*).

Am zweiarmigten Hebel wird das Massenpunct (§. 218) der Ueberwucht habenden Masse sinken, das der anderen steigen; am einarmigten wird jenes sinken und dieses mit sich herabziehen.

§. 223.

Die Ueberwucht am Hebel kann sowohl bei der kleineren, als bei der größeren Masse Statt finden; in jenem Falle bewirkt eine nur **kleine Masse** mit großer Geschwindigkeit, daß eine **große Masse**, aber mit kleinerer Geschwindigkeit, bewegt wird; in diesem Falle bewirkt eine große Masse, nur mit **kleiner Geschwindigkeit**, daß eine kleine Masse, aber mit **großer Geschwindigkeit** bewegt wird. Daß es Statt finde, dazu ist nicht nöthig, daß beide Factoren des statischen Moments größer sind, als zum Zustande des Gleichgewichts erfordert wird; es ist hinreichend, wenn nur einer von beiden größer ist, als dazu erfordert wird.

Wenn die zum Gleichgewicht erforderlichen Massen und Entfernungen M und m, e und E heissen, so daß $Me = mE$, also $M:m = E:e$; so ist, wenn

1) auf der einen Seite Ueberwucht erfolgen soll, nöthig, daß die **Masse** ein wenig größer sey, als m, (sie kann dabei noch viel kleiner, als M, seyn) oder die **Entfernung** ein wenig größer als E,

2) auf

2) auf der andern Seite Ueberwucht erfolgen soll, nöthig, daß die Masse ein wenig größer sey, als M, oder die Entfernung ein wenig größer, als e, (sie kann dabei noch viel kleiner, als E seyn.)

Für den Hebel in der Idee ist das geringste denkbare Plus des statischen Moments zum Uebergewicht hinreichend, allein für den wirklichen Hebel erfordert schon die Reibung an der Unterlage eine hinlängliche Kraft, um überwunden zu werden, und das Plus muß also mehr, als diese, betragen.

§. 224.

Die Kraft, mit der eine schwere Masse am Hebel wirkt, hat schon **in sich selbst** ein statisches Moment, nämlich das Product aus ihrer Schwere (§. 135) in ihr Gewicht (§. 137). Weil aber die Schwere aller Massen gleich ist, wenigstens hier angenommen wird (§. 136), so wird dieser Factor (= 1) nicht, **nur das Gewicht** in Betrachtung gezogen. Man muß die Geschwindigkeit, welche die Masse, für sich allein frei fallend, haben würde (**natürliche** oder **absolute** Schwere), wohl unterscheiden von der, welche sie vermöge ihrer Entfernung vom Ruhepunct des Hebels am Hebel hat (**relative** Schwere am Hebel).

§. 225.

Es können auch zwei und **mehrere Massen** zusammen auf den Arm eines Hebels wirken. Das statische Moment einer jeden ist das Product ihrer selbst in ihre Entfernung vom Ruhepuncte,

und

und nach dem Verhältniß der beiderseitigen Summen aller statischen Momente zu einander bestimmt es sich, ob der Hebel im Gleichgewicht, oder in Ueberwucht sey.

In fig. 19. hat am Arm linker seits die Masse x das Moment 18.1 = 18, die Masse y das Moment 2.5 = 10, die Masse z das Moment 4.11 = 44; am Arm rechter seits die Masse m das Moment 12.6 = 72. Da 18 + 10 + 44 = 72, so ist der Hebel im Gleichgewichte.

§. 226.

Statt einer jeden am Hebel (§. 217) wirkenden Masse kann auch eine **andere Kraft** (Elasticität einer Feder, Druck einer Hand ꝛc.) wirken, genau so viel, als die Masse wirkte. Daher gelten jene (§. 218. 225) Sätze nicht bloß von Massen, sondern auch von anderen Kräften. Auch der Name Last wird von anderen Kräften eben so gebraucht. Wie viel eine am Hebel angebrachte Kraft vermag, hängt nur einestheils von der Größe dieser **Kraft** an sich selbst, anderntheils von der **Entfernung** der Stelle des Hebels, an dem sie angebracht ist, **vom Ruhepuncte** ab. Eine jede Kraft am Hebel in der doppelten Entfernung vom Ruhepuncte angebracht, wirkt so viel, als eine doppelt so große Kraft in der einfachen Entfernung ꝛc.

Bei Hebeln, an welchen nicht Gewichte, sondern andere Kräfte, (oder mittelst Rollen aufwärts ziehende Gewichte) wirken, ist die sogenannte Unterlage (§. 213) oft **Ueberlage** (*Epimochlion*).

§. 227.

§. 227.

Und so gelten jene Sätze (§. 218 — 225) in allgemeiner Rücksicht auf Kräfte, die am Hebel angebracht werden, nicht bloß von dem oben §. 217 angenommenen Falle, in welchem die Arme des von unten unterstützten Hebels nur in einer senkrechten Ebene sinken und steigen können, sondern **von jeder möglichen Lage** des Hebels. Doch müssen die Richtungen der Kräfte gedacht werden, als in **einer** Ebene und in derjenigen Ebene liegend, in welcher der Hebel beweglich ist.

§. 228.

Wenn die Richtungen der am Hebel wirkenden Kräfte in einer Ebene und in derjenigen Ebene, in welcher der Hebel beweglich ist, liegen, so kann dabei jede derselben senkrecht oder schief gegen den Hebel gerichtet seyn. Eine Kraft wirkt am Hebel am meisten, wenn sie **senkrecht** gegen ihn gerichtet ist. Wenn sie schief gegen ihn gerichtet ist (Tab. II. fig. 18.), so wirkt sie nur zum Theile, und die **ganze Kraft** verhält sich zu ihrem **wirksamen Theile**, wie der **Sinus totus** zum **Sinus des Richtungswinkels**.

Die nach der schiefen Richtung ab wirkende Kraft läßt sich (§. 100) zerlegen in den Theil af, welcher parallel mit dem Hebel geht, also zu seiner Bewegung nichts wirken kann, und den Theil fb = ae, welcher senkrecht auf den Hebel gerichtet ist. Es ist aber

$$ab : fb = \text{Sinus totus} : \text{Sinus ang } x$$

(Anm.

(Anm. Bei dieser und jeder ähnlichen Zerlegung einer Kraft ist einmal für allemal zu merken, daß es in der Demonstration ganz willkührlich sey, wie lang a b, als das Maaß der ganzen Kraft genommen wird. Denn diese Länge a b gilt nur im Verhältniß zu der Länge f b, und wenn b f senkrecht gegen eine Linie a b von bestimmter Lage gezogen wird, so haben die Seiten des ähnlichen Dreiecks a b f allemal dasselbe Verhältniß zu einander.)

Was erfolge, wenn die Richtungen der Kräfte nicht in einer Ebene liegen, und der Hebel überall hin beweglich ist, kann in diesen Anfangsgründen nicht gezeigt werden.

Anwendung auf den **Winkelhebel** und **krummen Hebel**.

§. 229.

Die Idee des Hebels läßt sich auf den wirklichen Hebel anwenden, den man auch den **physischen Hebel** nennt. Er ist ein fester Körper, welcher in einem Puncte so befestigt ist, daß er um dieses Punct sich bewegen kann; man kann ihn daher auf den mathematischen Hebel zurückführen, indem man sich in ihm eine gerade Linie denkt, die in allen Puncten mit Gewichten beschwert ist. Es können dann ausserdem noch andre Kräfte am wirklichen Hebel wirken, aber diese Masse ist in der Betrachtung des physischen Hebels zuvörderst in Anschlag zu bringen, wie weiter unten im Abschnitte vom Schwerpuncte gezeigt wird.

Oft ist der physische Hebel ein **länglichter** Körper, so daß er der Idee des mathematischen Hebels am nächsten kömmt. Zweiarmigte Hebel sind: **Hebebäume**, wie

wie sie gewöhnlich gebraucht werden, Geisfüße, Zangen, Scheeren ꝛc. die gewöhnlichen **Wagen** und **Schnellwagen**. Einarmigte Hebel: am Ende aufgelegte **Hebebäume, Messer, Ruder, Schubkarren** ꝛc. **Grabscheite, Sensen** ꝛc. sind veränderlich zu beiden Arten.

Die **Knochen** des thierischen Körpers als einarmigte Hebel. Io. Alphons. Borellus *de motu animalium.* Lugd. Bat. 1685. 4. P. I. c. 14.

§. 230.

Ein Kylinder, welcher um seine Axe beweglich ist, heißt eine **Welle**, wenn sein Halbmesser kleiner als seine Höhe; eine **Rolle** oder ein **Rad** (*Peritrochium*) wenn sein Halbmesser größer ist, als seine Höhe. Ein solcher Kylinder kann auf zweierlei Weise als ein Hebel wirken. Entweder (Tab. II. fig. 20.) die Axe desselben ist unbeweglich, er bewegt sich bloß um seine Axe, Kraft p und Last q wirken (z. E. mittelst einer über den Cylinder gezogenen Schnur) an seinem Umfange einander entgegen. Dann ist sein Durchmesser als ein zweiarmigter Hebel anzusehen, und die Kraft muß der Last gleich seyn, nur um ihr das Gleichgewicht zu halten. Wenn aber bei der **Welle im Rade** (*Axis in peritrochio*) (fig. 21. ist das Profil) das Rad einen viel größern Halbmesser cb hat, als die Welle ca, so ist, um einer am Umfang der Welle wirkenden Last q das Gleichgewicht zu halten, eine so viel kleinere Kraft p, am Anfange des Rades an-

ge-

gebracht, hinreichend, daß diese zur Last sich verhalten darf, wie der **Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades.**

§. 231.

Es darf also bei dem Rade an einer Welle zu der **kleinen Kraft**, an dem Umfang des Rades, welche der **größeren Last**, am Umfang der Welle, das Gleichgewicht hält, nur etwas weniges zugegeben werden, um diese Last zu bewegen, und so kann eine viel größere Masse durch eine viel kleinere Masse, oder eine der kleineren Masse gleich wirkende Kraft, bewegt werden.

Erinnerung wegen der Seildicke.

Die **Winden, Haspel, Pferdegöpel** rc. Auch die **Bohrer**, Schlüssel zum Zahnausziehen, lassen sich darauf zurück führen.

§. 232.

Hingegen kann auch eine Masse, oder eine andere Last, welche am Umfange des Rades wirkt, mit einer viel größeren **Geschwindigkeit** bewegt werden, als die Masse, oder andere Kraft, welche am Umfange der Welle wirkt, wenn diese Masse rc. noch um etwas größer ist, als zum Gleichgewicht erfordert würde.

Wenn das Rad einer Welle wieder in eine zweite Welle, das Rad dieser wieder in eine dritte Welle u. s. w. eingreift, so kann durch Vervielfältigung dieser Einrichtung am Ende eine sehr große Geschwindigkeit durch

eine sehr langsame Anfangsbewegung hervorgebracht werden.

Das Räderwerk an den Mühlen, Uhrwerken ꝛc.

§. 233.

Oder (§ 230) die Axe (der Rolle) (fig. 22.) ist nicht unbeweglich; sie bewegt sich um ihre Axe, aber zugleich fortschreitend (§. 71); ihr Umfang ruhet z. E. auf einem Seil f a e g b p, dessen eines Ende f befestigt ist, dessen anderes eine Kraft p aufwärts zieht, und die Last q wirkt an der Axe c: hier steht die Kraft, an b wirkend, mit der Last im Gleichgewichte, wenn sie nur halb so groß ist, als die Last, weil der Durchmesser einer solchen Rolle anzusehen ist, als ein einarmigter Hebel, der seinen Ruhepunct in a hat, wo er sich an das Seil stützt und die Last q in der einfachen Entfernung an c, die Kraft p aber in der doppelten Entfernung an b wirkt. Da beide Seiltheile f a und p b um so viel verkürzt werden müssen, als die Last q gehoben wird, so muß die Kraft den doppelten Weg durchlaufen, wenn die Last den einfachen durchläuft, und gilt also auch hier das Cartesische Kräftenmaaß (§. 220).

An dem Flaschenzuge (*Polyspastum*) wirken die Rollen im untern Kloben nach §. 233. als einarmigte Hebel, im obern aber nach §. 230. als zweiarmigte, und die letztern dienen bloß, das Seil so herumzuführen, daß es um mehrere Rollen geführt, und am Ende desselben bequemer Weise abwärts gezogen werden kann. Zum Gleichgewichte ist hier eine Kraft hinreichend, wel-

che

che gleich ist der Last durch die doppelte Zahl der Rollen im untern Kloben dividirt. Man nimmt jedoch nicht mehr als drei Rollen zum Flaschenzuge, weil auch die Reibung, das Gewicht des untern Klobens, das Gewicht und der Widerstand der Seile zunehmen.

Es kann diese Einrichtnng für andere Kräfte, die nicht Gewichte sind, auch so Statt finden, daß die Rolle horizontal steht und horizontal bewegt wird.

2. Von dem Schwerpuncte.

---

§. 234.

An jeder geraden Linie, an welcher in bestimmten Puncten Gewichte ziehen, giebt es ein Punct (wie Tab. II. fig. 16. das Punct c), zu dessen beiden Seiten die statischen Momente gleich sind, (eigentlich gleich seyn würden, wenn die Linie als Hebel sich um dieses Punct als Ruhepunct bewegte.) Man nennt es das **Schwerpunct** (*Centrum* gravitatis), weil man sich dieses Punct so vorstellen kann, als ob alle am Hebel ziehenden Gewichte in diesem einzigen Puncte vereinigt wären.

Wenn dieses Punct c unterstützt ist, so kann der Hebel sich weder mit dem einen Arme ca, noch mit dem andern cb, abwärts bewegen (§. 220); die Summe der Massen p und q wirkt also auf das, was das Schwerpunct c unterstützt, so stark, als ob sie unmittelbar darauf abwärts drückte, und eine Unterstützung, die den ganzen Hebel vor dem Fallen sichern soll, muß stark

genug seyn, um dem Drucke dieser Massen zusammengenommen zu widerstehen.

§. 235.

Nicht nur für den Fall, in welchem zwei Massen, sondern auch für den Fall, in welchem mehrere an einer geraden Linie ziehen, die Zahl sey noch so groß, läßt sich ein Schwerpunct derselben bestimmen.

Man denke sich (fig. 19.) in der ganzen Linie ab, in welcher die Massen z, y, x, m, in den verschiedenen bezeichneten Puncten ziehen, erst den zwischen zwei Massen z und y liegenden Theil der Linie als einen Hebel, der sein Schwerpunct im Puncte 9 hat, zu dessen beiden Seiten die statischen Momente (4.2 und 2.4) gleich sind. Man denke sich die beiden Massen z + y = 4 + 2 = 6 als eine Masse im Puncte 9 vereinigt, und den Theil der Linie zwischen 9 und x als einen Hebel, der sein Schwerpunct im Puncte 3 hat, zu dessen beiden Seiten die statischen Momente (6.6 und 18.2) gleich sind. Man denke sich wieder die Massen 6 + x = 6 + 18 = 24 im Puncte 3 vereinigt, und den Theil der Linie zwischen 3 und b als einen Hebel, der sein Schwerpunct in c hat, zu dessen beiden Seiten die statischen Momente (24.3 und 12.6) gleich sind. So bestimmt sich das Punct c als gemeinschaftliches Schwerpunct für alle diese Massen, an dessen einer Seite das statische Moment 18.1 + 2.5 + 4.11 = 72 dem statischeu Momente auf der andern Seite 12.6 = 72 gleich ist.

§. 236.

Da das Schwerpunct c der Linie ab (fig. 19) anzusehen ist, als ob alle an ihr ziehenden Gewich-

te

te an ihm vereinigt wären, so muß, wenn die Massen m, x, y, z, ihre Entfernungen (von dem einen Endpuncte der Linie a,) ma, xa, ya, za, heissen und die Entfernung ihres gemeinschaftlichen Schwerpuncts c, (von demselben Puncte a,) ca heißt,

$$(m+x+y+z).ca = (m.ma)+(x.xa)+(y.ya)+(z.za)$$

seyn, insofern diese Producte als statische Momente vom Endpuncte a aus betrachtet werden können. Folglich ist, da

$$ca = \frac{(m+x+y+z).ca}{m+x+y+z}$$

auch

$$ca = \frac{(m.ma)+(x.xa)+(y.ya)+(z.za)}{m+x+y+z}$$

Man findet also die Entfernung ca des gemeinschaftlichen Schwerpuncts einer mit Gewichten beschwerten geraden Linie von einem ihrer Endpuncte a, **wenn man die Summe aller statischen Momente derselben (vom Endpuncte a aus) mit der Summe aller Gewichte dividirt.**

In der Linie fig. 19. ist

$$ca = \frac{(4.0)+(2.6)+(18.10)+(12.17)}{4+2+18+12} = 11$$

welches das Schwerpunct in c, 11 Abtheilungen von a entfernt, bestimmt.

§. 237.

Das Schwerpunct einer **symmetrisch beschwerten** geraden Linie, d. h. einer solchen, welche

che nur an ihren beiden Enden mit zwei gleichen Gewichten beschwert, oder in mehreren Puncten, aber so, beschwert gedacht wird, daß allemal in gleicher Entfernung von den Endpuncten gleiche Gewichte liegen, also auch eine in allen Puncten gleichviel beschwerte Linie, liegt demnach genau in der **Mitte**, so daß es die ganze Linie in zwei Hälften theilt. Wenn aber die Linie **unsymmetrisch beschwert** gedacht wird, so liegt das Schwerpunct näher dahin, wo sich das größere, oder die größeren Gewichte befinden.

§. 238.

Auch für **drei** u. s. w. für mehrere mit Gewichten beschwerte **Puncte**, so viel ihrer seyn mögen, die nicht in einer geraden Linie, aber **in einer Ebene** liegen, läßt sich ein Schwerpunct bestimmen. Man denke sich erst zwei dieser Puncte 1 und 2, diese liegen allemal in einer geraden Linie; ihr Schwerpunct liegt in derselben geraden Linie, zwischen ihnen, sein Ort bestimmt sich nach §. 236. Es ist anzusehen, als ob beide beschwerte Puncte in ihm vereinigt wären (§. 234); für es und ein Punct 3 läßt sich wieder ein Schwerpunct bestimmen, das dann gemeinschaftliches Schwerpunct der Puncte 1, 2 und 3 ist. Dies ist anzusehen, als ob alle drei beschwerte Puncte in ihm vereinigt wären: für es und ein Punct 4 läßt sich wieder ein Schwerpunct bestimmen, das dann gemeinschaftli-

ches

ches Schwerpunct der Puncte 1, 2, 3, und 4 ist, u. s. w.

Für eine in eine gleichseitige Figur eingeschlossene, und symmetrisch beschwerte Ebene ist das Schwerpunct zugleich das **Mittelpunct** der Figur. Im gleichseitigen Dreieck abc liegt es da, wo die drei geraden Linien ae, bf, dg einander durchschneiden, welche von einer Spitze senkrecht auf die gegenüberstehende Seite gezogen werden, also in jeder dieser Linien, 2/3 derselben von der Spitze, 1/3 von der Seite, in c (Tab. II. fig. 29).

§. 239.

Auch für **vier** mit Gewichten beschwerte **Puncte**, welche **nicht in einer Ebene** liegen, läßt sich ein Schwerpunct bestimmen. Erstlich für drei derselben, welche allemal in **einer** Ebene liegen (§. 238), eines; dann für dieses Schwerpunct jener drei Puncte, und das vierte Punct, u. s. w. Da dieses immer weiter und weiter fortgesetzt werden kann, so ist klar, daß sich für jeden Körper ein **Schwerpunct** (*Centrum gravitatis*) bestimmen läßt, welches so im Körper liegt, daß rings um dasselbe, in jeder durch es gehenden geraden Linie, die statischen Momente zu beiden Seiten dieses Punctes gleich sind.

Man betrachtet dabei jede durch das Schwerpunct denkbare gerade Linie im Körper, als einen zweiarmigten Hebel, und die Massentheile des Körpers als Gewichte, welche diese Linie in allen ihren Puncten beschweren. Hat der Körper längst einer solchen Linie gleiche Dicke und gleiche Dichtigkeit, so liegt das Schwerpunct in

der

der **Mitte** dieser Linie: so bei einem **Kylinder** in der Mitte seiner Axe. Hat der Körper nach allen drei Dimensionen gleiche Ausdehnung, z. E. eine Kugel, und dabei gleiche Dichtigkeit, so ist sein **Mittelpunct der Form** zugleich sein Schwerpunct. Auch bei Körpern, deren Dimensionen verschieden sind, läßt sich, wenn sie nur eine gewisse Regelmäßigkeit haben, das Schwerpunct durch Berechnung bestimmen. So ist es bei einem **Kegel** in dem Puncte der Axe, welches 1/4 ihrer Länge von der Grundfläche und 3/4 ihrer Länge von der Spitze entfernt liegt; bey einer **Halbkugel** in dem Puncte des auf die Grundfläche senkrechten Halbmessers, welches 3/8 von dem Mittelpuncte entfernt liegt. Einige Körper, hohle Kugeln, Ringe, krumme Stangen, Trichter ꝛc. haben eine solche Gestalt, daß ihr Schwerpunct **ausserhalb** ihrer **Masse** fällt.

§. 240.

Das ganze Gewicht eines Körpers ist gewissermaassen in seinem Schwerpuncte versammelt. Was den Schwerpunct eines Körpers unterstützt, hat also das Gewicht des ganzen Körpers zu tragen. In sofern Masse und Gewicht einerlei sind (§. 137), nennen wir das Schwerpunct eines Körpers auch **Mittelpunct der Masse** (*Centrum massae*).

§. 241.

Wenn das Schwerpunct eines Körpers unterstützt ist, so ist dadurch der ganze Körper vor dem Falle gesichert. Das Schwerpunct kann nicht fallen, weil es unterstützt ist, und kein Theil des Kör-

pers

pers kann fallen, weil alle mit dem im Schwerpunct liegenden Atome (§. 59) zusammenhängen, und in jeder durch das Schwerpunct gehenden geraden Linie zu beiden Seiten des Schwerpuncts einander das Gleichgewicht halten. Wenn hingegen das Schwerpunct eines Körpers nicht, auch der Körper in keinem andern Puncte unterstützt ist, so fällt der ganze Körper, vermöge der Schwere, und das Schwerpunct geht bei dieser Bewegung in der durch es gehenden senkrechten geraden Linie nieder, welche die **Directionslinie des Schwerpuncts** heißt. Ist das Schwerpunct eines Körpers nicht, doch der Körper in einem andern Puncte unterstützt, so fällt der Körper zwar ebenfalls, und zwar an derjenigen Seite des unterstützten Puncts herab, auf welcher das Schwerpunct liegt. Dann aber kann, weil der Körper hebelartig bewegt wird, das Schwerpunct nicht senkrecht fallen, sondern muß einen Bogen beschreiben, dessen Halbmesser die gerade Linie zwischen dem unterstützten Puncte und dem Schwerpunct ist. Dabei fällt nur der eine Theil des Körpers, in welchem das Schwerpunct liegt, der andere auf der entgegengesetzten Seite des unterstützten Puncts liegende steigt (§. 217).

Es wird hier vorausgesetzt (§. 213), daß der Körper fest (§. 168) sey, und es unterscheiden sich auch hier feste und flüssige Körper. Man kann in einem flüssigen, dessen Gestalt durch Anziehung (§. 182) oder Umgebungen bestimmt gedacht wird, auch ein Schwerpunct bestimmen, allein die Unterstützung dieses Schwerpuncts kann

das

das Fallen des flüssigen Körpers nicht verhindern, weil die nicht unterstützten Theile von den unterstützten vermöge ihres Gewichts sich losreissen. — Auch wird bei dem festen vorausgesetzt, daß er hinlängliche Cohäsion und, wenn er ein Aggregat mehrerer Körper ist (§. 164), hinlängliche Adhäsion seiner Theile habe.

Ferner wird vorausgesetzt, daß der Körper, welcher das Schwerpunct eines Körpers unterstützt, hinlänglich **stark** und hinlänglich **befestigt**, oder ein **dichterer** flüssiger Körper sey, auf dem jener als specifisch leichter schwimmen kann.

Endlich ist hier von Unterstützung durch eine **horizontale** oder **wagerechte** Ebene die Rede. Was bei der Unterstützung durch eine schiefe Ebene erfolge, wird in einem besondern Abschnitte gezeigt werden.

§. 242.

Selten liegt das Schwerpunct an einem Körper so, daß es unmittelbar unterstützt werden kann. Ist es **unmittelbar** unterstützt, so ruhet der Körper in jeder Lage, in welche er, die Unterstützung beibehaltend, gebracht werden kann, wenn gleich die Unterstützung ihm ein freies Drehen gestattet; z. E. eine gleich dichte Kugel, welche, in ihrer Axe durchbohrt, auf einer kylindrischen glatten Stange steckt. Es kann aber das Schwerpunct **mittelbar** unterstützt werden, indem nur ein anderes Punct des Körpers unterstützt ist, daß in der Directionslinie des Schwerpuncts liegt. Die Unterstüßnng kann sich unterhalb des Schwerpuncts befinden (eigentliche **Unterstützung**); hier ist die Unterstützung in einem

nem Puncte zwar in der Idee hinreichend, aber in der Wirklichkeit unzureichend, weil der Körper dabei höchst leicht wankt, und bei dem mindesten Wanken das Schwerpunct nicht mehr über der unterstützten Stelle liegt. Daher ist für die Ausübung Unterstützung einer Fläche nöthig, welche, wo es auf daurende Sicherung vor dem Fallen ankommt, so groß seyn muß, daß auch bei einem beträchtlichen Wanken die Directionslinie des Schwerpuncts nicht ausserhalb dieser Fläche fällt. Es ist jedoch dabei nicht nöthig, daß diese ganze Fläche unterstützt sey; es ist genug, wenn die Unterstützung in drei Puncten Statt findet, die ein Dreieck bestimmen, in dessen Fläche die Directionslinie des Schwerpuncts fällt.

Die Körper stehen desto sicherer, je niedriger ihr Schwerpunct nach Verhältniß der Größe der unterstützten Fläche liegt, und je weniger irgend ein Theil von beträchtlichem Moment ausserhalb der unterstützten Fläche hinausragt. Doch können auch beträchtliche Theile eines Körpers hinausragen, ja der ganze Körper kann sehr schief stehen, ohne zu fallen, wenn nur das Schwerpunct unterstützt ist.

Die **schiefen Thürme** zu Pisa und Bologna. De la Lande *voyage d'un François en Italie.* Par. 1769. II. p. 18. p. 482.

Die **Balancirmännchen** rc. von Glas, an denen Dräthe befestigt sind, deren Enden sich in größere Gewichte endigen. Die kleinen **Korkmännchen** mit bleiernem Fuße.

Das

Das Balanciren der Stöcke, Degen &c. auf den Fingern &c. Das Umlaufen der Kreisel, die auch bei schiefer Stellung wegen der Geschwindigkeit ihrer Drehung nicht fallen, bis diese hinlänglich abgenommen hat.

Man kann das Schwerpunct eines Körpers empirisch finden, indem man ihn erstlich der Länge nach, dann der Breite nach, endlich der Dicke nach, auf die Schärfe eines horizontal liegenden Prisma legt, und ihn so lange hin und her schiebt, bis er ruhet. Dadurch bestimmt sich jedesmal eine denkbare senkrechte Durchschnittsfläche, welche man **Schwerpunctsfläche** (*Planum* gravitatis) nennt. Je zwei dieser Flächen schneiden einander in einer **Schwerpunctslinie** (*Diameter* gravitatis) und die dritte durchschneidet diese Linie in einem Puncte. Dieses Punct ist allen drei Flächen gemein, und muß also das Schwerpunct seyn.

§. 243.

Die Unterstützung kann sich auch oberhalb des Schwerpuncts befinden (**Aufhängung**), indem ein hinlänglich starker und hinlänglich befestigter Körper von oben an dem zu haltenden Körper haftet, oder von der Seite in eine Vertiefung desselben eingreift. (Im letztern Falle ist doch ein Theil des Körpers eigentlich unterstützt.) Hier ist es genug, daß der Körper in **einem** Puncte aufgehangen sey. Ist es ihm dabei gestattet, sich um das Aufhängepunct zu drehen, so kann er nur in der Lage ruhen, in welcher das Schwerpunct senkrecht unter dem Aufhängepuncte liegt, so daß die Directionslinie des Schwerpuncts durch das Aufhängepunct geht; hat er

er eine andere Lage, so bewegt er sich, (nach Art eines Hebels,) so daß das Schwerpunct einen Kreisbogen beschreibt, bis es senkrecht unter dem Aufhängepuncte liegt.

Die Lampe des Cardanus. Sigaud de la Fond Anweisung zur Exp. Phys. Uebers. Dresd. 1774. II. §. 76. Der Wegmesser (*Hodometrum*). Ebend. §. 122.

Daher kann man das Schwerpunct eines Körpers auch durch Aufhängen empirisch finden, indem man ihn erst an einem Punct, dann an einem anderen aufhängt. Bei jedem Aufhängen bestimme man, sobald der Körper ruhig hängt, eine senkrechte gerade Linie, die vom Aufhängepuncte durch den Körper geht. Da in jeder dieser Linien das Schwerpunct liegen muß, so liegt es da, wo diese beide Linien sich schneiden. Doch ist diese Methode nur bei flachen Körpern, die keine große Dicke haben, und in ebene Flächen eingeschlossen sind, (Platten,) anwendbar.

§. 244.

Wenn ein Körper ganz ohne Unterstützung fällt, so fällt er allemal in derjenigen Lage, in welcher sein Schwerpunct gegen die anderen Puncte im Körper so tief als möglich liegt, und in dieser Lage fallen die anderen Puncte des Körpers parallel mit dem senkrecht hinabfallenden Schwerpuncte. Wenn er sich aber in einer anderen Lage befindet, indem er anfängt zu fallen, so schlägt er erst hebelartig um, so daß das höher liegende Schwerpunct so viel, als die Gestalt des Körpers gestattet, nach unten kommt: dann bewegt er sich in jener Lage fort. Doch kann,

wenn

wenn bei dem Umschlagen die Bewegung vermöge der Trägheit zu weit fortgesetzt wird, daraus ein Schwanken und wiederholtes Umschlagen erfolgen.

§. 245.

Die **Lage** des Schwerpuncts in einem Körper hängt von seiner **Gestalt** und der gleichen oder ungleichen **Dichtigkeit** seiner Theile ab. Daher kann der Ort des Schwerpuncts geändert (verrückt) werden, dadurch daß die Gestalt des Körpers geändert wird, oder dadurch, daß ein flüssiger Körper aus einer Höhle eines Körpers in eine andere desselben fließt. Auch wird das Schwerpunct eines Körpers verrückt, wenn ein anderer Körper so mit ihm verbunden wird, daß er diesen mit zu tragen hat.

Verrückung des Schwerpuncts in **Balancirmännchen** rc. von Glas rc. die auf einer Spitze ruhen, durch Rekkung oder Biegung der an ihnen befestigten in größere Gewichte sich endigenden Dräthe.

In dem **chinesischen Purzelmann** durch hin und wieder fliessendes Quecksilber. Musschenbroek *introd. ad philos. nat.* I. §.508.

Das **Stehen**, **Gehen**, **Aufstehen** rc. der Menschen und anderer Thiere. Das **Lasttragen**. Die Künste der **Seiltänzer** und **Aequilibristen**.

§. 246.

Ein **wirklicher** (reeller), oder **physischer Hebel** (§. 213. 229) hat, wie jeder Körper, sein Schwer-

Schwerpunct. Auf dieses ist jedesmal zuvörderst Rücksicht zu nehmen, wenn man das Verhältniß der Kraft und Last an einen Hebel bestimmen soll. Das Gewicht des ganzen Hebels ist anzusehen, als ob es in dem Schwerpuncte desselben vereinigt wäre, und sein Moment ist das Product dieses Gewichts in die Entfernung dieses Schwerpuncts vom Ruhepuncte. Dieses Moment muß zu dem Momente der Masse addirt werden, welche sich mit dem Schwerpuncte des Hebels auf einerlei Seite des Ruhepuncts befindet.

Wenn ein physischer Hebel von gleicher Dicke und gleicher Dichtigkeit genau senkrecht unter seinem Schwerpuncte unterstützt ist, so ist er für sich im Gleichgewichte, und daher bei Versuchen mit Massen, die man an verschiedene Stellen desselben hängt, wie ein mathematischer Hebel anzusehen.

* * *

Aus der Kenntniß des Hebels und des Schwerpuncts ist die Beurtheilung einer **Wage** (*Libra, Statera Bilanx*) abzuleiten. Der **Wagebalken** ist ein zweiarmigter Hebel, welcher so eingerichtet ist, daß man zwei Gewichte, deren je eins an einen Arm desselben gehangen wird, an demselben vergleichen kann. An der **gleicharmigten** Wage, wie die Krämerwage, Erzwage, Probierwage ꝛc. soll der Wagebalken, ohne Beschwerung und bei gleicher Beschwerung an seinen Enden, genau horizontal (**wagerecht**) stehen, und wenn er an einem Arme mehr beschwert ist, mit diesem Arme sinken (einen Ausschlag geben), so daß die Größe des Ausschlagwinkels mit der Größe der Ueberwucht im Ver-

hältnisse steht. Es ist daher eine wesentliche Eigenschaft einer guten Wage, daß die **Arme genau von gleicher Länge** sind, damit Gleichgewicht und Ueberwucht bloß von den Gewichten abhängen. Die an den Armen des Balkens hangenden **Wagschaalen** müssen genau **von gleichem Gewichte** seyn. Eine Wage ist falsch, wenn (§. 221) die Arme von ungleicher Länge sind, welches man leicht daran erkennt, daß der mit den bloßen Schaalen beschwerte Balken nur dann horizontal steht, wenn er am längern Arme weniger und am kürzern mehr Beschwerung hat, so daß ein beträchtlicher Ausschlag entsteht, wenn man die Schaalen verwechselt. Der Balken muß nach Verhältniß des Gewichts, welches er soll tragen können, **stark** genug seyn, sich nicht im mindesten zu biegen, weil die Biegung die Arme und leicht ungleich verkürzt. Die **Zunge** muß genau rechtwinklicht auf dem Balken stehen, um durch ihr Innestehen in der Gabel den wagerechten Stand des Balkens genau anzuzeigen, und die **Gabel** oder **Scheere** frei senkrecht hängen. Je empfindlicher, d. h. je leichter beweglich eine Wage seyn soll, desto geringer muß die **Reibung** in ihren Zapfenlagern seyn; man macht daher die Zapfen nach unten keilförmig zugeschärft, die Schärfen nur ein wenig abgerundet, so daß die Zapfen bei der Bewegung des Wagebalkens sich wälzen. Die Stelle, in welcher die Zapfen des Wagebalkens sitzen (das **Aufhängepunct**) muß genau senkrecht über dem Schwerpuncte des unbeschwerten Wagebalkens liegen, d. h. so, daß eine gerade Linie durch Aufhängepunct und Schwerpunct gezogen mit der Längendimension des Wagebalkens einen rechten Winkel macht. Dann hängt der nun beschwerte Wagebalken, der mit den bloßen Schaalen beschwerte und der mit gleichen Gewichten

wichten in beiden Schaalen beschwerte genau horizontal (§. 243). Erhält der eine Arm mehr Beschwerung, (Tab. III. fig 30.) so verrückt sich dadurch das Schwerpunct s nach der mehr beschwerten Seite, destomehr, je größer daselbst die Ueberwucht ist, z. E. nach n; daher muß der Wagebalken d e mit d nach f sinken und die Lage f g annehmen, bis das neue Schwerpunct n senkrecht unter dem Aufhängepuncte a liegt. Der Ausschlagswinkel ist $x = has = daf$, also ist $\frac{ns}{as}$ (der Abstand des neuen Schwerpuncts vom alten im Verhältniß zum Abstand des Schwerpuncts vom Aufhängepuncte) **Tangente des Ausschlagswinkels.** Da die Länge dieser Tangente nach der Verrückung des Schwerpuncts und diese desselben nach der Größe der Ueberwucht bestimmt wird, so giebt die Wage einen desto größern Ausschlag, je größer die Ueberwucht ist. Je länger aber der Abstand (fig. 31.) A S des Schwerpuncts vom Aufhängepuncte ist, desto kleiner wird dieselbe Linie $NS = ns$, als Tangente betrachtet, (weil sie zu einem größern Halbmesser gehört,) desto kleiner wird also der Ausschlagswinkel und desto weniger empfindlich ist die Wage. Daher muß man das Aufhängepunct desto näher an das Schwerpunct bringen, je empfindlicher die Wage seyn soll.

An der **Schnellwage** (Statera *romana*) sind die Arme des Wagebalkens von ungleicher Länge, damit man Körper von grossem Gewichte durch kleine Gewichte abwägen kann. Die Stellen am langen Arme, an denen hängend ein Pfund ꝛc. mit 10, 20, 30, ꝛc. Pfunden die am Ende des kurzen Arms hängen, im Gleichgewichte steht, müssen unmittelbar durch Versuche bestimmt werden, weil die Arme des Balkens selbst Moment haben.

Jac. Leupold *theatrum staticum universale.* Lips. 1726.

3. Von der schiefen Ebene.

§. 247.

Ein auf einer **wagerechten** oder **horizontalen** Ebene liegender Körper ist völlig unterstützt, so daß er nicht fallen kann, ein an einer **senkrechten** liegender gar nicht, und fällt (die Reibung abgerechnet) ungehindert an ihr herab. Hingegen auf einer **schiefen** oder **geneigten** Ebene (Planum *inclinatum*) (d. h. einer solchen, welche mit der horizontalen einen spitzigen Winkel (**Neigungswinkel**) macht,) ist ein Körper nur gewissermaassen unterstützt, so daß er nur mit geringerer Geschwindigkeit fällt. Seine Geschwindigkeit ist desto geringer, je flacher, desto größer, je steiler die schiefe Ebene ist, wie der folg. §. genauer bestimmt.

§. 248.

Die Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper frei fällt, (oder die **absolute Schwere,**) **verhält sich** zu der Geschwindigkeit, mit welcher er auf einer schiefen Ebene herabgeht, (oder zur **relativen Schwere auf der schiefen Ebene,**) **wie der Sinus totus zum Sinus des Neigungswinkels der Ebene.**

In Tab. II. fig. 24. sey b a c ein senkrechter Durchschnitt eines Körpers, dessen obere Fläche die schiefe Ebene ist

ist: ca eine Horizontallinie, ba eine gerade Linie, welche die Lage der schiefen Ebene bestimmt, bc eine senkrechte gerade Linie; so heißt ba die **Länge**, bc die **Höhe** der schiefen Ebene. Man ziehe bc, wo man will, senkrecht auf ac, so hat allemal bc dasselbe Verhältniß zu ba, (wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke); daher drückt man jenes Verhältniß auch so aus:

..... wie die **Länge** der schiefen Ebene zu ihrer **Höhe**.

Da y der Neigungswinkel der schiefen Ebene ist, so ist **Länge** : **Höhe** = sinus totus : sinus ang y
ba bc

Nun denke man sich einen schweren Atom im Puncte b. (Aus c ziehe man cd rechtwinklicht auf ba, und construire aus bd, cd, und dem rechten Winkel z das Parallelogramm bdce.) Die Kraft, mit welcher der Atom b senkrecht abwärts getrieben wird (absolute Schwere), vorgestellt durch bc, läßt sich zerlegen in einen Theil be, welcher aufgehoben wird, weil er rechtwinklicht gegen die schiefe Ebene drückt, also nichts wirken kann; und einen Theil bd, welcher den Atom die schiefe Ebene hinab treibt (§. 100). Da das Dreieck bdc dem Dreiecke bca ähnlich ist, (weil der Winkel v beiden gemein, und z = bca, als rechte Winkel,) so ist

bc : bd = **Länge** : **Höhe**
ba bc

und

bc : bd = Sinus totus : Sinus ang z

Derselbe Beweis kann geführt werden (fig. 25.) von einem Körper bestimmbarer Größe A. Er habe seinen Schwerpunct in s, und sd stelle die absolute Schwere vor, se und fd seyn rechtwinklicht auf die schiefe Ebene, also parallel, sf mit ed parallel, stelle also die

relative Schwere vor. Da das Dreieck sfd ähnlich ist dem Dreiecke bca, weil, (da sd und bc senkrecht gegen ca also parallel sind,) die Winkel v = v = b und die rechten Winkel f = c sind, so ist

sd : sf = **Länge : Höhe**
ba bc

Der Beweis ist hier vom Verhältnisse der **Kräfte** geführt; da aber die Kräfte den Bewegungen, welche sie bewirken, proportional sind, und die Masse hier dieselbe bleibt, so ist das Verhältniß der Kräfte hier das Verhältniß der Geschwindigkeiten (§. 89).

§. 249.

Die **Richtung**, welche der auf der schiefen Ebene sich herabbewegende Körper **im Ganzen** nimmt, wird durch die Richtung ba der schiefen Ebene (fig. 25.) bestimmt. Aber nur dann, wenn der Körper, wie A, eine hinlänglich große Unterstützungsfläche hat, so daß die Directionslinie seines Schwerpuncts sd innerhalb dieser Fläche fällt, **gleitet** der Körper so auf der schiefen Ebene herab, daß alle seine Puncte auch einzeln parallel mit der schiefen Ebene gehn. Wenn die Directionslinie seines Schwerpuncts ausserhalb die unterstützte Fläche fällt, so schlägt er um (§. 241), und wenn er eine **Kugel** B ist, welche die schiefe Ebene nur in einem Puncte e berührt, so schlägt er fortdauernd um, indem das Schwerpunct s immerfort nach der Richtung sd herabsinkt, und der Körper **rollet** in wälzender Bewegung (§. 71) die schiefe Ebene hinab, so

so daß bloß das Schwerpunct nach der Richtung sf der schiefen Ebene anhaltend fortgeht, die anderen Puncte, Kreise beschreibend, um das Schwerpunct herum bewegt werden. Doch erfolgt die Bewegung des Körpers im Ganzen nach der Richtung ba der schiefen Ebene und gilt übrigens von seiner Bewegung im Ganzen eben das, was von der des gleitenden gilt.

Ein **Kylinder** rollet eben so, wie eine Kugel, von der schiefen Ebene herab, wenn er so auf ihr liegt, daß seine Axe, also auch seine Seite (eine auf seiner krummen Fläche mit der Axe parallel laufende Linie) rechtwinklicht horizontal gegen die Richtung der schiefen Ebene liegen.

Hier wird jedoch vorausgesetzt, daß der Schwerpunct der Kugel oder des Kylinders, in der Axe dieser Körper, wenigstens nicht nach der höheren Seite der schiefen Ebene zu liege. Liegt er dahin, wie in r (fig. 25.) (z. E. ein hölzernes Rad, in welches an einer Stelle des Umfangs Blei eingelegt ist,) so wird der Kylinder die schiefe Ebene **hinauf** rollen, bis sein Schwerpunct so tief gesunken ist, als er sinken kann. Dies ist nichts anders, als jenes hebelartige Bewegen (§. 241), und der Körper fällt dabei allerdings, in so fern sein Schwerpunct fällt (§. 240). **Kästner** in den deutschen Schriften der königl. Gesellsch. der Wiss. zu Göttingen. 1771. S. 113.

§. 250.

Da die Schwere eines auf einer schiefen Ebene sich herabbewegenden Körpers, obwohl vermindert, doch stetig auf ihn wirkt, so erfolgt die Bewegung

auf der schiefen Ebene eben sowohl mit beschleunigter Geschwindigkeit, als der freie Fall, und zwar so, daß die durchlaufenen Räume sich verhalten, wie die Quadrate der zu ihnen gehörenden Zeiten. Da diese Beschleunigung in eben dem Verhältnisse zunimmt, in welchem sie bei dem freien Falle zunimmt (§. 146), so sind in beiden Bewegungen eben sowohl, als in gleichmäßigen, bei gleichen Zeiten die Geschwindigkeiten den Räumen proportional (§. 81).

Da die Bewegung auf der schiefen Ebene viel langsamer erfolgt, so prüfte Galilei sein durch Speculation gefundenes Gesetz an ihr durch die Erfahrung (§. 145).

§. 251.

Da die Geschwindigkeiten gleichmäßiger Bewegungen bei gleichen Zeiten sich verhalten, wie die Räume (§. 81), so bewegt ein Körper auf der schiefen **Ebene** ba (fig. 24.) sich in eben der **Zeit durch** bd, in welcher er frei fallend sich **senkrecht durch** bc bewegen würde (§. 98).

§. 252.

Nachdem ein Körper auf einer schiefen Ebene durch eine gewisse Länge ba herabgegangen ist, so hat er dadurch eben die **Endgeschwindigkeit** erhalten, **welche der senkrechten Fallhöhe** bc **zugehört** (§. 148).

§. 253.

Da die relative Schwere s eines auf einer schiefen Ebene liegenden Körpers in dem §. 248 bestimmten Verhältnisse kleiner ist, als die absolute S, so wird in dem umgekehrten Verhältnisse eine kleinere frei schwebende Masse (Gewicht) p hinreichend seyn, um einer Masse P, die auf einer schiefen Ebene liegt, das Gleichgewicht ($Ps = Sp$) zu halten (§. 136. 137). Und eine kleine Vermehrung jener kleineren Masse wird hinreichend seyn, sie die schiefe Ebene hinauf zu ziehen. Es kann daher eine auf einer schiefen Ebene liegende Masse in dem Verhältnisse der relativen Schwere zur absoluten als eine kleinere Masse von derselben absoluten Schwere angesehen werden.

Man bedient sich, dieses zu zeigen, und dadurch zugleich jenen Lehrsatz (§. 248) empirisch zu beweisen, einer **ebenen glatten Tafel** von Holz, Messing, Glas ꝛc. welche mit einer horizontalen in einem **Gewinde** zusammengefügt ist, so daß man sie in verschiedenen Winkeln neigen und erheben kann. Auf diese Tafel legt man eine sehr glatte Walze, die sich um ihre Axe drehen kann, und befestigt die Axe mittelst einer Kluftdeichsel an eine Schnur, welche parallel mit der schiefen Ebene, dann über eine Rolle läuft. Am andern Ende dieser Schnur befestigt man das Gewicht, welches der Walze (z. E. = 18 Quentchen) das Gleichgewicht halten soll. Dabei findet man, daß wenn die Länge zur Höhe sich verhält, wie 2 : 1, 9 Quentchen; wenn, wie 3 : 1, 6 Quentchen; wenn, wie 6 : 1, 3 Quentchen der Walze das Gleichgewicht halten ꝛc.

§. 254.

§. 254.

Ein Körper bewegt sich, (durch eine schiefe Ebene unterstützt,) in eben der Zeit **durch jede Sehne** bd oder dc eines Kreises, in welcher er frei fallend **durch den senkrechten Durchmesser** des Kreises bc sich bewegen würde. (Tab. II. fig. 26.)

Man ziehe gegen die Linie bc unter einem rechten Winkel die Horizontallinie ca und verlängere die Sehne bd, bis sie die Horizontallinie in a schneidet. cd ist rechtwinklicht gegen ba, weil bdc ein Peripheriewinkel ist, der auf einem halben Umkreise steht. So ist klar, daß ein Körper auf der schiefen Ebene ba sich **in eben der Zeit durch** bd **bewegen müsse**, in welcher er frei fallend durch bc sich bewegen würde (§. 251). Man ziehe df senkrecht gegen die Horizontallinie ca, also parallel mit bc, und mache sie gleich bc; ziehe dann cf, welche dadurch parallel mit bd und senkrecht auf de wird; so ist klar, daß ein Körper auf der schiefen Ebene de sich in eben dieser Zeit durch dc bewegen müsse, in welcher er frei fallend durch df (oder bc) sich bewegen würde. Dieser von den Sehnen bd, dc geführte Beweis läßt sich allgemein für jede andere Sehne da, ba (fig. 28.), führen, sie liege übrigens wie sie wolle.

Es ist hier jedoch die Voraussetzung, daß die Sehne bd oder dc (fig. 26.) mit einem **senkrecht** stehenden Durchmesser bc, verglichen werde, in dessen Kreise sie so steht, daß sie sein oberes oder unteres **Endpunct** mit einem **ihrer** Endpuncte b oder c berührt. Man kann aber für jede schief gegen den Horizont liegende Linie bd, und jede andere, sie liege, wie sie wolle,

(da

(da d allemal ein rechter Winkel wird,) durch geometrische Construction der Figur bca oder dfe u. s. w. oder durch trigonometrische Berechnung die Länge der gegen den Horizont senkrechten Linie bc finden, zu welcher jene Linie das genannte Verhältniß hat.

§. 255.

Ein Körper, der eine seiner ebenen **Flächen schräg abwärts kehrt**, und mit dieser an einer Kante eines anderen Körpers herabgleitet, bewegt sich nach eben diesem Gesetze (§. 248), und die Geschwindigkeit seines Falles hängt also von dem Sinus des Winkels ab, welchen seine gleitende Fläche mit der horizontalen Richtung macht.

So rollet ein **doppelter Kegel** zwischen zweien divergirenden Leisten von dem schmalen Ende gegen das breite Ende des Zwischenraums hin, und scheint dabei sich aufwärts zu bewegen, wenn die Leisten vom schmalen Ende gegen das breite etwas aufsteigen: er fällt jedoch im ganzen, indem sein Schwerpunct zwischen die divergirenden Leisten allmälig tiefer hinab sinkt. Kraft *explicatio phaenomeni paradoxi de adscensu coni duplicis in altum spontaneo in comm. nov. acad. Petrop.* VI. p. 389.

* * *

Die Betrachtung des Keils und der Schraube muß bei einem Unterrichte in den Anfangsgründen der Physik wohl der angewandten Mathematik überlassen bleiben. Wir merken hier nur, daß die beiden convergirenden Seitenflächen des **Keils** sich als schiefe Ebenen gegen die Richtung des Widerstands betrachten lassen, welche der

der Keil überwinden soll; und daß man die Schraube als eine schiefe Ebene betrachten darf, welche um einen Kylinder gewunden ist. Von den Schwierigkeiten dieser Betrachtungen in den Vorlesungen.

4. Von dem Pendel.

§. 256.

Ein ideelles **Pendel** (*Pendulum*), gewöhnlich ein **mathematisches**, auch ein **einfaches** Pendel genannt, ist (Tab. II. fig. 27) eine gerade Linie cm, deren eines Endpunct m schwer, und welche (übrigens nicht schwer) an dem andern Endpunct c, (wie ein einarmigter Hebel) so befestiget ist, daß sie an diesem ruhenden Puncte (**Aufhängepunct**) in einer Ebene cab hin und her schwingen kann.

§. 256.b.

Dieses Pendel kann nicht anders in Ruhe seyn, als indem es ganz senkrecht hängt, so daß das Punct m, (das einzige schwere Punct, also auch das Schwerpunct (§. 234) des ganzen Pendels,) sich senkrecht unter dem Aufhängepuncte c befindet (§. 243). Wenn es durch irgend eine äussere Kraft in eine andere Lage ca erhoben wird, so daß es mit dem senkrechten Pendel einen **Aufhebungswinkel** (*angulus elevationis, elongationis*) y macht, so **bewegt es sich vermöge der Schwere** des Punctes a **durch den Bogen** am **bis** m **herab**.

Die

Diese Bewegung läßt sich nach dem Lehrsatze von dem Parallelogramme der Kräfte construiren. Das schwere Punct a des aufgehobenen Pendels ca wird von der Schwere senkrecht abwärts, nach der Richtung ad, getrieben. Man ziehe af rechtwinklicht gegen ca, verlängere ca, und schneide sie in e ab, indem man aus irgend einem beliebigen Puncte d der senkrechten Linie ad eine Linie rechtwinklicht gegen ae zieht. Man ziehe nachher df mit ea parallel, so hat man das Parallelogramm afde, welches die durch ad vorgestellte Schwere in die Kräfte af, (deren Richtung von ae rechtwinklicht geht,) und ae zerlegt (§. 100). Nach ae kann das schwere Punct a sich nicht bewegen, weil sein Zusammenhang mit der Linie ca vorausgesetzt wird: es bleibt ihm also nur die Bewegung nach der Richtung af übrig, welche Tangente des Bogens am im Puncte m ist. Indem es aber anfängt zu sinken, hat ca schon eine andere Lage, macht mit cm einen kleineren Winkel, als y; in dieser Lage gilt dasselbe; so bewegt sich das schwere Punct a immerfort in einer neuen Tangente des Bogens am, so durch unendlich kleine Anfänge aller von a bis m denkbaren Tangenten, d. h. durch den Bogen am.

(Anm. Es ist hier ad als Maaß der absoluten Schwere gesetzt, nämlich im Verhältniß gegen af = ed. Es ist ganz willkührlich, wo man das Punct d annimmt, nur muß allemal de rechtwinklicht gegen ae, also parallel mit af gezogen werden; dann haben ad und ed immer dasselbe Verhältniß zu einander.)

§. 257.

Die Kraft, welche das Pendel (fig. 27) von a nach m treibt, ist die Schwere, aber nicht die gan=

ganze Schwere, sondern nur derjenige Theil derselben, welcher sich zur ganzen Schwere verhält, wie ed : ad = Sinus anguli y : Sinus totus.

ed = af ist der Sinus des Winkels x; es ist aber x = y, weil ad und cm beide senkrecht, also parallel sind.

§. 258.

Wenn das Pendel in m angelangt ist, so wird es von der Schwere nicht weiter getrieben, indem der Sinus des Aufhebungswinkels y, dann, wie der Winkel selbst, = o ist. Allein es geht nun **vermöge der Trägheit** (§. 84) weiter, und würde, bloß vermöge dieser, in der Zeit, in welcher es vorher durch die senkrechte Fallhöhe von am sich bewegt hatte (§. 252), durch einen Raum fortgehen, welcher der doppelten Fallhöhe gleich wäre (§. 148). Allein, da es, weil die Linie cm sich gleich bleibt, von m aus in eben dem Maasse durch einen Kreisbogen **steigen** muß, in welchem es von a nach m in einem Kreisbogen fiel, so wirkt die Schwere seiner Bewegung entgegen, und mindert diese in der gleichen folgenden Zeit gerade um so viel, als ihre ganze Wirkung in der gleichen vorigen Zeit betrug. Es wird also das Pendel nur **durch den Bogen** mb steigen, dessen senkrechte Fallhöhe der des Bogens am, d. h. (weil er symmetrisch mit am vom tiefsten Puncte m ausgeht,) **welcher dem Bogen** am gleich ist.

Die senkrechte Fallhöhe des Bogens am ist seinem Queersinus gleich.

§. 259.

§. 259.

Der Bogen am, in welchem das Pendel fällt, kann als eine Reihe unendlich kleiner schiefer Ebenen angesehen werden; das Punct a wird daher durch die Schwere auf demselben in seinem Falle **beschleunigt**. Eben so wird es in seinem Steigen durch den Bogen mb durch die Schwere **verzögert**, bis in b (mb = am) seine Geschwindigkeit o wird.

Vergl. §. 158.

§. 260.

Daher fängt das Pendel in b wieder an zu fallen, und geht auf eben die Weise durch den Bogen ba zurück, wie es durch denselben hingegangen war. Nachdem es in a angelangt, geht es wieder nach b zurück u. s. w. Dieses Hin- und Herbewegen des Pendels nennt man ein **Schwingen** (*Oscillare*), und den Gang des Pendels durch den ganzen Bogen ab einen **Schwung** (*Oscillatio*); die während desselben verstreichende Zeit die **Schwungzeit** (*Tempus* oscillationis). Schwingungen, die in gleicher Zeit vollendet werden, heissen **isochronisch**.

§. 260. b.

Pendel von einerlei Aufhebungswinkel, von einerlei Schwere, und von einerlei Länge, schwingen isochronisch. Hingegen schwingen sie in ungleichen Zeiten, wenn eine dieser Bedingungen verschieden ist.

§. 261.

Die Schwungzeiten der Pendel verhalten sich (bei gleicher Schwere und gleichem Aufhebungswinkel) **wie die Quadratwurzeln ihrer Längen.**

Wenn das schwere Punct d des Pendels (Tab. II. fig. 28.), welches, durch den Zusammenhang mit cd unterstützt, eben so zu betrachten ist, als ob es durch eine schiefe Ebene unterstützt würde, auf der Sehne da oder ba, herabfiele, so geschähe dieses in eben der Zeit, in welcher es durch den Durchmesser ea frei herabfallen würde. Dieser Durchmesser, als die doppelte Länge des Pendels, heisse 2l und t die Zeit des Falles durch 2l, so ist $2l = g.t^2$ (§. 151), also

$$t = \sqrt{\frac{2l}{g}}$$

und eben dieses wäre die Zeit für die Bewegung des Punctes durch eine der Sehnen.

Nun ist zwar die Bewegung des Punctes d nicht in einer Sehne, sondern im Bogen dba, und die höhere Mathematik lehrt, daß, wenn π die Verhältnißzahl 3,14.... des Umkreises zum Durchmesser 1 bedeutet, die Zeit des Falls durch den Bogen dba sich zu der Zeit des Falles durch die Sehne (da, ba, oder welche es sey,) verhalte, wie der vierte Theil des Umkreises zum Durchmesser; es ist also die Zeit des Falles durch den Bogen

$$= \tfrac{1}{4}\pi.\sqrt{\frac{2l}{g}}$$

und der ganze Schwung

$$= \tfrac{1}{2}\pi.\sqrt{\frac{2l}{g}}$$

Mit,

Mithin verhalten sich die Schwungzeiten t und T zweier Pendel

$$t : T = \frac{1}{2}\pi . \sqrt{\frac{2l}{g}} : \frac{1}{2}\pi . \sqrt{\frac{2L}{g}}$$

Da aber das $\frac{1}{2}\pi$ bei beiden Pendeln dasselbe ist, auch einerlei g (§. 151) hier vorausgesetzt wird, so fallen diese Grössen in beiden Ausdrücken, so wie die Verdoppelung der Länge, weg, und es ist

$$t : T = \sqrt{l} : \sqrt{L}$$

Es verhalten sich also die **Pendellängen, wie die Quadrate der Schwungzeiten:**

$$t^2\ T^2 = l : L$$

§. 262.

Wenn die Schwere (§. 138) zweier Pendel verschieden ist, so muß das verschiedene g (§. 156) mit in den Ausdruck aufgenommen werden, und ist alsdann

$$t : T : \sqrt{\frac{l}{g}} : \sqrt{\frac{L}{G}}$$

Die Beobachtungen am Pendel sind es, welche es zuerst in der Erfahrung gelehrt haben, daß die Schwere unter dem Aequator kleiner sey, als näher an den Polen. **Richer** fand 1672, zu Cayenne (4° 56′ Abstand vom Aequator) daß sein Pendel, welches zu Paris Secunden schlug, daselbst um $1\frac{1}{4}'''$ verkürzt werden, und bei seiner Rückkunft nach Paris wieder auf die vorige Länge gebracht werden mußte, um Secunden zu schlagen. (*Obs. astron. et phys. faites a Cayenne.* Paris 1673. fol.)

In **Paris** (48° 50′ Abst. vom Aeq.) ist die Länge des Secundenpendels = 440‴,5 (genauer 440‴,566....)

Paris.;

Paris.; hingegen zu Pello in **Lappland** (66° 48′ Abst. vom Aeq.) = 441‴,27 Paris.; zu Quito in **Peru** (25′ Abst. vom Aeq.) = 439‴, 10 Paris.

Das $\frac{1}{4}\pi$ gilt eigentlich nur von unendlich kleinen Schwingungen: doch ist die Abweichung nicht beträchtlich, wenn der Bogen nur wenige Grade beträgt.

Richer's Pendel, das in Paris täglich 86400 mal geschlagen hatte, schlug in Cayenne nur 86280 mal. Hingegen **Maupertuis** Pendel, das in Paris in einem Sternentage 86341 mal schlug, schlug zu Pello in Lappland 86400 mal.

Auf eben die Weise haben genaue Pendelbeobachtungen gezeigt, daß die Schwere auf hohen Bergen geringer sey, als an den Polen. Die Länge des Secundenpendels ist nach **Bouguer** zu Quito (in Peru) am Meer 439‴,10, auf dem Pichincha hingegen, 2400 Toisen hoch 438‴,69. Das Pendel, welches am Ufer des Amazonenflusses in einem Sternentage 98770 mal schlug, schlug auf dem Pichincha nur 98720 mal. Vergl. oben §. 156. 157.

§. 263.

Wenn das g, oder die Fallhöhe für die erste Secunde des freien Falls, gegeben wäre, so würde sich daraus die Länge des **Secundenpendels**, oder eines Pendels, das Secunden schlägt, d. h. welches genau in einer Secunde einen Schwung vollendet, bestimmen lassen.

Wenn $\frac{1}{2}\pi . \sqrt{\frac{2l}{g}} = 1$

ist, so ist

$$\sqrt{\frac{2l}{g}} = \frac{1}{\frac{1}{2}\pi}$$

$$\frac{2l}{g} = \frac{1^2}{\frac{1}{4}\pi^2}$$

$$2l = \frac{1^2 g}{\frac{1}{4}\pi^2} = \frac{g}{\frac{1}{4}\pi^2}$$

$$l = \frac{g}{\frac{1}{2}\pi^2} = \frac{2g}{\pi^2}$$

§. 264.

Da aber dieses g durch Beobachtungen über den freien Fall nicht wohl genau gefunden werden kann, so haben eben die an den Pendeln gemachten Beobachtungen dienen müssen, dieses g, sowohl im allgemeinen (§. 155), als dessen Verschiedenheit an den verschiedenen Orten der Erde zu bestimmen.

$$g = \frac{\pi^2 l}{2} = 15',09\ldots\ldots$$

S. die Noten zu §. 262.

§. 265.

Ein **wirkliches** (reelles) oder **physisches Pendel**, welches auch ein **zusammengesetztes** heißt, ist ein länglichter Körper, (ein Faden oder eine Stange,) welcher als eine Verbindung von mehreren einfachen Pendeln von verschiedener Länge anzusehen ist. Ein solches Pendel schwingt nothwendig geschwinder, als ein einfaches, indem der Gang des untersten schweren Puncts durch die höher liegenden beschleunigt wird. Die höhere Mechanik lehrt aber in jedem wirklichen Pendel cb (fig. 23.) ein Punct

m finden, dessen Abstand cm vom Aufhängepuncte c der Länge eines einfachen Pendels CM gleich ist, das mit diesem zusammengesetzten gleiche Schwungzeit hat. Dieses Punct heißt **Mittelpunct der Schwingung** (*Centrum* oscillationis).

Damit ein wirkliches Pendel dem ideellen so nah als möglich komme, bedient man sich zum Pendel eines dünnen **Fadens**, an dessen freiem Ende eine **metallene Kugel** hängt, und, wo dieses nicht brauchbar ist, einer dünnen **metallenen Stange**, auf welcher am freien Ende eine metallene **Linse** steckt. Diese muß höher und niedriger geschoben werden können, um den Mittelpunct der Schwingung erhöhen und erniedrigen zu können.

Bei einer an einem sehr dünnen Faden hängenden Metall-Kügelchen, das nicht über 3''' im Durchmesser hat, ist der Mittelpunct der Schwingung des Pendels vom Mittelpunct des Kügelchens nicht beträchtlich verschieden, wenn auch der Faden nur 3'' lang ist.

Vom Einfluß der **Wärme** auf den Gang der Pendel und von **Graham's rostförmigem Pendel**. Neue Art derselben von **Benzenberg** in **Gilbert's** Annalen der Physik. XIV. 3. S. 315.

§. 266.

Ein Pendel würde nach dem Gesetze der Trägheit (§. 84) immerfort schwingen (§. 260), wenn nicht seine Bewegung durch den Widerstand der Luft und die Reibung am Aufhängepuncte bei jedem Schwunge gemindert und dadurch endlich o würde. Die Reibung mindert man an den Pendeln nach

§. 319;

§. 319; den Widerstand der Luft, in dem man die Linsen an den Pendeln von dichter Materie (Metall, gemeiniglich Messing, inwendig mit Blei ausgefüllt) macht, und so aus zwei Kugelsegmenten zusammengesetzt, daß sie, wie Keile, die Luft durchschneiden.

S. unten §. 308.

Die durch Galilei (§. 144) zuerst begründete Lehre von den Pendeln hat seit 1656 sehr wichtige Bereicherung und zugleich eine neue Begründung erhalten durch **Christian Huygens**. S. dessen *horologium oscillatorium*. Paris 1673. fol. Ihm verdanken wir auch die wichtige Erfindung der **Pendeluhr**.

5. Von dem Stoße.

§. 267.

Der **Stoß** (*Percussio, Ictus*) ist eine Mittheilung der Bewegung (§. 87. 88), welche erfolgt, wenn ein in Bewegung begriffener Körper auf seinem Wege einen anderen trifft. Der **stoßende** (percutiens) hat ein gewisses Moment (§. 91); indem davon ein Theil in den **gestoßenen** (percussum) übergeht, wird es um diesen Theil vermindert.

Dieses in den folgg. Sätzen kurz auszudrücken, nennen wir die Masse des stoßenden Körpers M, seine Geschwindigkeit C, die Masse des gestoßenen m, seine Geschwindigkeit c.

§. 268.

Wir betrachten hier zuvörderst solche Körper, welche **fest** (§. 168) und zugleich **hart** (§. 175) sind, zuerst ohne Rücksicht auf Elasticität.

§. 269.

Wenn der Stoß **central** ist, d. h. wenn das Mittelpunct der Masse (§. 240) des gestoßenen Körpers genau in der Bahn liegt, in welcher das Mittelpunct der Masse des stoßenden fortgeht, so daß dieses Mittelpunct genau auf jenes Mittelpunct trifft, so wird der ganze gestoßene Körper fortgestossen. Wir betrachten hier diesen centralen Stoß, und nehmen zugleich an, daß die Richtung (des Mittelpuncts der Masse) des stoßenden Körpers **senkrecht** auf die Fläche des gestoßenen Körpers gehe, welche er trifft, (der **Richtungswinkel** (*Angulus* directionis) recht sey.)

§. 270.

1. Wenn zwei Körper sich in einer Bahn und **nach einer Richtung bewegen**, a) der vordere aber geschwinder, als der hintere, so findet gar kein Stoß Statt. Wenn hingegen b) dabei der **vordere langsamer**, als der hintere, geht, so holt der hintere den vorderen ein, und stößt ihn. Alsdann ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit beider Körper nach dem Stoße

$$= \frac{MC + mc}{M + m}.$$

Die

Die Summe beider Momente vertheilt sich gleichmäßig in beide Massen. Was die stoßende dabei verliert, gewinnt die gestoßene.

Sind beide Massen gleich, so wird jener Ausdruck

$$= \frac{M(C+c)}{2M} = \frac{C+c}{2}$$

d. h. die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße ist die halbe Summe der vorigen beiden.

§. 271.

2. Wenn der gestossene Körper vor dem Stosse ruhete, so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße

$$= \frac{MC}{M+m}$$

Wäre m unendlich (∞), so würde nach dem Stoße die Geschwindigkeit

$$\frac{MC}{M+\infty} = 0 \text{ seyn.}$$

Dieses kann jedoch nur so verstanden werden, daß m im Verhältniß gegen M ein ungeheuer großer Körper ist, und dann ist, was dort 0 heißt, eine sehr kleine Größe; denn ein unendlicher Körper könnte gar nicht gestoßen werden.

§. 272.

3. Wenn der gestoßene Körper vor dem Stoße sich dem stoßenden entgegen bewegte, so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße

$$= \frac{MC - mc}{M+m}$$

Bei

Beide Körper sind hier stoßend und gestoßen zugleich. Nennen wir denjenigen M den stoßenden, welcher das größere Moment MC hat, und den anderen m den gestoßenen, welcher das kleinere Moment mc hat, so hebt das eine Moment mc erst, so viel als es selbst beträgt, in dem anderen MC auf, wogegen es selbst zu o wird; dann bewegen sich beide nach der Richtung des M, die **Differenz** beider Momente (der von MC noch übrige Rest) vertheilt sich in beide Massen, und die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße ist also jener Quotient.

Sind beide **Massen** gleich, so wird jener Ausdruck

$$\frac{M(C-c)}{2M} = \frac{C-c}{2}$$

d. h. die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße ist die **halbe Differenz** der vorigen beiden.

Sind beide Momente **gleich**, so würde jene Differenz o seyn, mithin würden nach dem Stoße beide Körper ruhen.

Vergl. §§. 89—92.

§. 273.

So verhält es sich bei dem Stoße ohne Rücksicht auf Elasticität. Wenn aber die Körper **elastisch** sind (§. 186), so bewirkt der Stoß, indem er die Körper im Ganzen treibt, zugleich eine wechselseitige Aenderung der Gestalt, sowohl in dem stossenden, als in dem gestoßenen; indem diese hergestellet wird, giebt jeder der beiden Körper den Eindruck, welchen er von dem andern erhalten hat, ihm

ihm zurück, so daß die erfolgende Wirkung auf jeden der beiden Körper aus dem Stoße an sich selbst und der von der Elasticität abhängenden Zurückwirkung zusammengesetzt wird.

§. 274.

Um diese ganze Wirkung allgemein zu bestimmen, nehmen wir den Fall an, in welchem beide Körper **einander entgegen** bewegt werden (§. 272), also beide einander stoßen. Alsdann ist die Geschwindigkeit des einen als **negativ** anzusehen. Der Fall, in welchem der eine **ruhet**, läßt sich in derselben allgemeinen Bestimmung begreifen, indem in diesem nur die Geschwindigkeit des ruhenden Körpers als **Null** gesetzt werden darf, und der, in welchem beide Körper **nach einer Richtung** bewegt werden, ebenfalls, indem in diesem beide Geschwindigkeiten als **positiv** anzusehen sind.

§. 275.

Der einfachste Fall ist hier dieser, in welchem **beide Massen** einander **gleich** sind. Wenn diese einander entgegen bewegt einander stoßen, so **springen sie mit verwechselten Geschwindigkeiten von einander zurück.**

Die eine Masse (Tab. III. fig. 32.) heisse M, mit der Geschwindigkeit C; die andere, obwohl gleiche, (zur Unterscheidung,) m, mit der Geschwindigkeit c.

I. Die Wirkung von M auf m nach der Richtung a b ist
1) + c . . . . .

Denn

Denn sie hebt die Geschwindigkeit $-c$ der Masse m nach der Richtung b a auf

2) $\frac{1}{2}C - \frac{1}{2}c = \frac{C - c}{2}$ (§. 272)

also $\frac{1}{2}C + \frac{1}{2}c$

Mit dieser Geschwindigkeit wird M vermöge der Elasticität von m nach der Richtung b a zurückgetrieben.

Aber M hat, bloß vermöge des Stoßes, nach dem Stoße die Geschwindigkeit

$$\frac{1}{2}C - \frac{1}{2}c = \frac{C - c}{2}$$

nach der Richtung a b. Diese von jener abgezogen, giebt des M **Geschwindigkeit nach** b a:

$(\frac{1}{2}C + \frac{1}{2}c) - (\frac{1}{2}C - \frac{1}{2}c) = c$

II. Die Wirkung von m auf M nach der Richtung b a ist

$C - (\frac{1}{2}C - \frac{1}{2}c) = \frac{1}{2}C + \frac{1}{2}c$

Denn M hat vor dem Stoße C, aber nach dem Stoße nur noch $\frac{1}{2}C - \frac{1}{2}c$, also muß die Wirkung von m auf M die Differenz dieser beiden Größen seyn.

Diese Geschwindigkeit erhält m, wegen der Elasticität von M, nach der Richtung a b zurück.

Es hat aber m bloß vermöge des Stoßes

$$\frac{1}{2}C - \frac{1}{2}c = \frac{C - c}{2}$$

nach derselben Richtung a b. Diese muß zu jener addirt werden; dann ist **die ganze Geschwindigkeit des** m **nach** a b

$(\frac{1}{2}C + \frac{1}{2}c) + (\frac{1}{2}C - \frac{1}{2}c) = C.$

§. 276.

Aus diesem Satze folgt, daß bei dem Stoße **gleicher Massen, wenn die gestoßene** m **ruhet,** also

also c = Null ist, nach dem Stoße die **stoßend** gewesene Masse M **ruhe**, und die **gestoßene** m **mit der ganzen Geschwindigkeit** C **sich fortbewege.**

Dieses läßt sich auch so einsehen:

1) M wirkt nach a b mit $\frac{1}{2}$ C auf m, indem vermöge des Stoßes das ganze C auf beide gleiche M halbirt wird; diese Wirkung erhält es vermöge der Elasticität von m nach b a zurück. Es hat aber das M selbst vermöge des bloßen Stoßes $\frac{1}{2}$ C nach a b; $\frac{1}{2}$ C und — $\frac{1}{2}$ C heben einander auf, also ist des M Geschwindigkeit nach dem Stoße = Null.

2) m wirkt nach b a mit C — $\frac{1}{2}$ C, d. h. mit $\frac{1}{2}$ C auf M, weil es ihm $\frac{1}{2}$ C nimmt; diese Wirkung erhält es vermöge der Elasticität nach a b zurück. Es hat aber m bloß vermöge des Stoßes $\frac{1}{2}$ C nach a b, also hat es, nach a c, $\frac{1}{2}$ C + $\frac{1}{2}$ C = C.

§. 277.

Liegen **mehrere** gleiche Massen **in einer Reihe** vor einander, so daß jede die folgende unmittelbar berührt, und die erste stößt auf die zweite, so ist jede der folgenden **gestoßen** und **stoßend** zugleich; nur die letzte ist bloß **gestoßen**. Daher ruhen nach dem Stoße alle; nur die lezte geht mit der Geschwindigkeit fort, welche die erste stoßende gehabt hat.

§. 278.

Wenn die Massen **ungleich** sind, so ist die Bestimmung schwieriger: doch erhellet sie aus folgender Betrachtung.

I. Die

I. Die Geschwindigkeit, welche M nach dem Stoße, ohne Rücksicht auf Elasticität noch übrig hat, heisse y. So ist

$$y = \frac{MC - mc}{M + m} \quad (\S.\ 272).$$

M hatte vor dem Stoße die Geschwindigkeit C; also ist die Geschwindigkeit, welche M an m abgegeben hat,

$$= C - y$$

Diesen Eindruck erhält M, wegen der Elasticität von m, zurück, und wird dadurch nach der Richtung b a getrieben. Seine Geschwindigkeit nach a b ist $= y$; also muß $C - y$ von y abgezogen werden, um zu finden, wie groß noch seine Geschwindigkeit nach a b sey. Sie ist

$$y - (C - y) = (2\,y) - C$$

und den obigen Werth von y in die Gleichung gesetzt

$$\frac{2\,(MC - mc)}{M + m} - C$$

Um das C auch als Bruch auszudrücken, multiplicire man es mit $M + m$ und dividire es wieder mit $M + m$, so erhält man

$$\frac{2\,(MC - mc)}{M + m} - \frac{(M + m).C}{M + m}$$

$$= \frac{2\,(MC - mc) - ((M + m).C)}{M + m}$$

$$= \frac{2\,(MC - mc) - MC - mC}{M + m}$$

$$= \frac{2MC - 2mc - MC - mC}{M + m}$$

$$= \frac{MC - 2mc - mC}{M + m}$$

$$= \frac{MC - mC - 2mc}{M + m}$$

= (M—m)

$$= \frac{(M - m) C - 2 m c}{M + m}$$

Diese leztere Formel drückt die Geschwindigkeit aus, mit welcher die M der beiden elastischen Massen nach dem Stoße noch in der Richtung a b getrieben wird.

II. Auch m hat nach dem Stoße ohne Rücksicht auf Elasticität die Geschwindigkeit nach a b

$$y = \frac{M C - m c}{M + m}$$

Nun aber bekommt es von M vermöge der Elasticität noch den Eindruck

$$y + c$$

nach a b; nämlich y, weil M auch y hat und c, weil sein eignes — c aufgehoben wird.

Also ist die Geschwindigkeit des m nach dem Stoße

$$y + (y + c) = (2y) + c$$

Man setze den Werth von y und drücke das c auch als Bruch aus, so hat man

$$\frac{2 (M C - m c)}{M + m} + \frac{(M + m).c}{M + m}$$

$$= \frac{2 (M C - m c) + M c + m c}{M + m}$$

$$= \frac{2 M C - 2 m c + M c + m c}{M + m}$$

$$= \frac{2 M C + M c - m c}{M + m}$$

$$= \frac{2 M C + (M - m) c}{M + m}$$

Diese leztere Formel drückt die Geschwindigkeit aus, mit welcher die andere m der beiden elastischen Massen nach dem Stoße in der Richtung a b getrieben wird.

Da

Da diese Formeln allgemein sind, so muß sich aus ihnen auch das Resultat des Falles §. 276. ergeben, in welchem beide Massen gleich, z. E. jede = 4, sind, M eine Geschwindigkeit C z. E. 3, hat, aber m vor dem Stoße ruhet, also c = Null ist. Dann ist des M **Geschwindigkeit nach dem Stoße = Null,**

$$\frac{(4-4).3-2.4.0}{2+2}$$

$$= \frac{0-0}{4} = 0$$

und **des m Geschwindigkeit nach dem Stoße = 3.**

$$\frac{2.4.3+(4-4).0}{4+4}$$

$$= \frac{24}{8} = 3.$$

§. 279.

Wenn m ruhet, und von M gestoßen wird, dabei m **kleiner** als M ist, so erhält das Moment, welches M an m abgiebt, in m eine größere Geschwindigkeit, als es in M enthielt. Denn da es dasselbe Moment (Product) bleibt, aber der eine Factor, nämlich die Masse, zu der es übergeht, kleiner ist, als die, von welcher es kam, so muß der andere Factor, nämlich die Geschwindigkeit, größer werden (§. 91). Daher **eilet eine kleinere Masse, von einer größeren gestoßen, vor der größern** destomehr **voraus**, je größer der **Unterschied** beider Massen ist.

M sey z. E. = 4, doppelt so groß, als m = 2; des M Geschwindigkeit = 1, die des m = Null, so ist nach

§. 279.

§. 279. des M Geschwindigkeit (die vor dem Stoße = 1 war) nach dem Stoße in der Richtung a b (fig. 32.)

$$\frac{(4-2).1-2.2.0}{4+2}=\frac{2}{6}=\frac{1}{3}$$

und des (vor dem Stoße ruhenden) m Geschwindigkeit nach dem Stoße in derselben Richtung

$$\frac{2.4.1+(4-2).0}{4+2}=\frac{8}{6}=\frac{4}{3}$$

Die Masse M verliert nur 2/3 an ihrer Geschwindigkeit; diese werden in der halb so großen Masse m zu 4/3. Dann ist die Summe der beiden neuen Momente

$$(4.\tfrac{1}{3})+(2.\tfrac{4}{3})$$
$$=\tfrac{4}{3}+\tfrac{8}{3}=\tfrac{12}{3}=4$$

so groß als das alte Moment

$$4.1=4$$

Liegen mehrere Massen in einer Reihe vor einander, so daß jede die folgende unmittelbar berührt, jede folgende aber nur halb so groß ist, als die vorige; so ist, wenn die erste größte Masse auf die zweite stößt, wie §. 277. jede der folgenden als gestoßen und stoßend zugleich anzusehen, nur die lezte ist bloß gestoßen. Das Bestreben zur Geschwindigkeit nimmt von einer Masse zur andern in geometrischer Progression

$$\tfrac{4}{3}:(\tfrac{4}{3})^2:(\tfrac{4}{3})^3:(\tfrac{4}{3})^4.....$$

zu, so daß, wenn die Zahl der Massen 100 ist, die hundertste wirklich sich fortbewegende Masse die ungeheure Geschwindigkeit

$$(\tfrac{4}{3})^{99}$$

erhält.

§. 280.

§. 280.

Wenn m ruhet und von M gestoßen wird, dabei aber m **größer** als M ist, so erhält das Moment, welches M an m abgiebt, wegen der größeren Masse in m eine kleinere Geschwindigkeit, als es in M enthielt (§. 279). Daher **wird eine kleinere Masse, wenn sie eine größere stößt, durch die langsamere Bewegung** der größeren **aufgehalten, und** vermöge der Elasticität mit der Geschwindigkeit **zurückgeworfen**, welche in dem ihr noch übrig bleibenden Theile ihres Moments enthalten ist. Je größer aber die gestoßene Masse gegen die stoßende ist, desto weniger vermag diese zur Bewegung jener zu wirken, desto näher wird also die Geschwindigkeit, mit welcher die stoßende zurückgeworfen wird, derjenigen kommen, mit der sie anstößt. Ist die **gestoßene** Masse m gegen die stoßende M **unendlich groß**, so wird die Geschwindigkeit, welche sie von M erhalten kann, unendlich klein werden, und daher **die stoßende** Masse m **mit eben der Geschwindigkeit zurückprallen**, mit der sie angestoßen hat.

Es sey $m = \infty$ (unendlich), $M = 4$, und habe die Geschwindigkeit $C = 2$, so ist die Geschwindigkeit des m nach dem Stoße in der Richtung ab (§. 278)

$$\frac{2.4.2 + 4.0 - (\infty.0)}{4 + \infty}$$

$$= \frac{16 + (-\infty).0}{4 + \infty}$$

Man

Man dividire Zähler und Nenner mit ∞, so erhält man

$$\frac{\frac{16}{\infty} + \frac{(-\infty).0}{\infty}}{\frac{4}{\infty} + \frac{\infty}{\infty}}$$

$$= \frac{0 + -1.0}{0 + 1} = \frac{0}{1} = 0$$

Es ruhet also m nach dem Stoße, wie vorher.

Die Geschwindigkeit des M nach dem Stoße ist (§. 278):

$$\frac{(4-\infty).2 - 2.\infty.0}{4 + \infty}$$

$$= \frac{(-\infty).2 - 2.\infty.0}{4 + \infty}$$

Man dividire Zähler und Nenner mit ∞, so erhält man

$$= \frac{\frac{-\infty.2}{\infty} - \frac{2.\infty.0}{\infty}}{\frac{4}{\infty} + \frac{\infty}{\infty}}$$

$$= \frac{-1.2 - 2.0}{0 + 1}$$

$$= \frac{-2-0}{1} = \frac{-2}{1} = -2$$

Es hat also M nach dem Stoße in der Richtung ab die negative Geschwindigkeit 2, d. h. es prallet mit dieser Geschwindigkeit in der Richtung ba zurück.

Es kann hier eigentlich nur davon die Rede seyn, daß ein Körper von einem andern gestoßen werde, welcher im Verhältniß zu ihm unbeträchtlich klein ist, so daß das ∞ nur als ein abkürzendes Zeichen für: millionen ꝛc. mal größer, und das o für $\frac{1}{1000000....}$ ist; denn bei einem

einem unendlich großen Körper würde der Stoß unmöglich seyn.

Auch ist dieser Satz so zu verstehen, daß der ganze viel größere Körper, welcher gestoßen wird, elastisch und frei schwebend sey, (wie wenn eine elfenbeinerne Kugel an einem Faden hängt,) nicht etwa mit einem andern wenig oder nicht elastischen verbunden sey und erst mit diesem einen viel größeren Körper ausmache.

§. 281.

Wenn der Stoß **excentrisch** (§. 269) ist, d. h. wenn das Mittelpunct der Masse des gestoßenen Körpers nicht in der Bahn liegt, in welcher das Mittelpunct der Masse des stoßenden fortgeht, so wird der gestoßene Körper, auch der stoßende selbst, (wenn sie anders beide sich frei drehen können,) **wie ein Hebel** (§. 216) bewegt. Beide Körper drehen sich in entgegengesetzten Richtungen, jeder um das Mittelpunct seiner Masse, mit kleinerer oder größerer Geschwindigkeit, die vom umgekehrten Verhältniß der Massen, der Entfernung der getroffenen Stelle vom Mittelpunct der Masse, der senkrechten oder schiefen Richtung des Stoßes rc. bestimmt wird.

§. 282.

Nur bei dem senkrechten Stoße (§. 269) wirkt der stoßende Körper mit seinem ganzen Momente. Bei dem **schiefen** Stoße, d. h. demjenigen, bei welchem die Bahn des stoßenden Körpers (des Mittelpuncts seiner Masse) unter einem schiefen Richtungs-

tungswinkel gegen die Fläche des gestoßenen Körpers gerichtet ist, welche er trifft, läßt sich derselbe nach dem Lehrsatze vom Parallelogramm der Kräfte zerlegen (§. 100), in einen Theil, welcher der gegestoßenen Fläche parallel und daher verloren geht, und einen andern wirksamen, welcher als senkrecht gegen die gestoßene Fläche gerichtet anzusehen ist. Der ganze Stoß verhält sich zu diesem wirksamen Theile, wie der **Sinus totus** zum **Sinus des Richtungswinkels.**

Man denke sich (Tab. III. fig. 33.) die Kraft eines schiefen Stoßes gegen die durch fe bezeichnete Fläche unter der Linie ac, so daß x der Richtungswinkel ist und ziehe ae rechtwinklicht gegen fe, ad parallel mit ec und cd ebenfalls rechtwinklicht auf fe, also parallel mit ae, so ist der unwirksame Theil ad, der wirksame ae = dc.

$$ac : ae = \text{Sinus totus} : \text{Sinus ang } x$$

§. 283.

Wenn ein elastischer Körper a (fig. 33.) unter einem **schiefen Richtungswinkel** x auf einen unendlich großen, gegen dessen durch af bezeichnete Fläche stößt, so prallet er mit der **Geschwindigkeit**, mit welcher er anstieß, und unter eben dem **Winkel** y (=x) zurück, unter welchem er anstieß.

ac bestimme die Richtung und Geschwindigkeit der Kraft des anstoßenden Körpers, und werde nach §. 284 in ad parallel mit ec, und ae, senkrecht auf ec, zerlegt. Man ziehe cd senkrecht auf ec gegen da, so ist sie =ae, und dadurch

auch ad = ec. Man mache cf = ec, verlängere die Parallele ad nach b, und ziehe aus f die auf ef senkrechte Linie fb, welche ab in b schneidet, so ist wieder fb = cd = ae, und db = cf = ec. Wenn der Körper in c anlangt, so wird er von der Kraft ec = ad, vermöge der Trägheit nach f, vermöge der Kraft ae = cd durch Zurückprallung nach d getrieben (§. 280). Das Parallelogramm cdbf, (dem aecd gleich und ähnlich,) zeigt, daß demnach der Körper den Weg cb nehmen müsse.

Das Dreieck bcf ist dem Dreiecke ace gleich, weil fb = ae, cf = ce und bei f und e rechte Winkel sind. Daher ist auch die Linie (Geschwindigkeit) cb = ac, und der Winkel y = x.

§. 284.

In den vorhergehenden Sätzen wurde die gestoßene Fläche eines Körpers als eine **ebene** gedacht. Bei dem Stoße auf eine **krumme**, Kugelfläche, parabolische, elliptische Fläche — ist der Theil, welcher getroffen wird, als ein unendlich kleiner Theil der Plantangente, d. h. einer die krumme Fläche so berührenden Ebene anzusehen, daß die Normallinie des Orts auf ihr senkrecht steht.

§. 285.

Die Gesetze des Stoßes fester elastischer Körper in der Erfahrung zu beweisen, dienen elfenbeinerne Kugeln, auch können für den Stoß ohne Mitwirkung der Elasticität Kugeln von ungebranntem Thone, die nur an der Luft getrocknet sind, ziem-

lich

lich dienen. Ihre Massen zu vergleichen, muß man sie gegen einander wägen (§. 137). Man hänge solche Kugeln an Fäden, so nahe bei einander auf, daß sie ruhig hängend einander genau berühren, zugleich aber so, daß ihre Mittelpuncte in einer Horizontallinie liegen. Wenn dann eine Kugel, wie ein Pendel (§. 256. b.), mit beharrender Spannung des Fadens, im Bogen aufgehoben wird, so fällt sie in demselben Bogen, wie ein Pendel, wieder herab. Da sie im Anlangen in die senkrechte Lage ihres Fadens eine Geschwindigkeit hat, welche der senkrechten Höhe ihres Falles zugehört, und daher sich bestrebt, jenseits in einem Bogen aufzusteigen, der dem diesseits durchlaufenen gleich ist, so stößt sie gegen die andere. Auf diese Weise kann man Massen und Geschwindigkeiten im Stoße vergleichen.

Von dieser Einrichtung ist **Mariotte's** Percussionsmaschine (*de la percussion des corps.* pag. 8. fig. 3.). Eine von oben nach unten länglichte Tafel steht in einer senkrechten Ebene mit einer in der Queere länglichten: in jener stecken oben zwei Zapfen, von denen an Fäden die Kugeln herabhängen, an dieser sind zwei Bogen, mit gleichem Halbmesser, doch jeder aus dem Zapfenloch seiner Kugel, als Mittelpunete, beschrieben, um daran sowohl zu messen, wie hoch man die Kugel aufhebt, welche stoßen soll, als wie hoch die gestoßene steigt ꝛc.

Man muß dabei jedoch nicht die Bogen selbst, sondern die Quadratwurzeln der senkrechten Fallhöhen (oder der Queersinus) vergleichen; nur, wenn die Bogen wenige Grade haben, darf man die Bogen selbst vergleichen,

weil sich dann die Bogen, wie die Quadratwurzeln aus den Queersinus verhalten. Daher ist es gut, wenn die Maschine groß und die Bogen mit sehr großem Halbmesser beschrieben sind, damit ein wenige Grade haltender Bogen doch in Längenmaaß eine ansehnliche Länge habe, wozu noch der Vortheil für die Anschauung kommt, daß die Kugeln dann fast horizontal laufen.

§. 286.

Bei **weichen** Körpern ändert sich das von den harten vorgetragene bloß dahin ab, daß, je weicher der Körper ist, desto mehr von dem Moment des Stoßes darauf verwandt wird, die Gestalt des weichen Körpers zu ändern, (welches, wenn beide Körper weich sind, in beiden, ausserdem nur in dem weichen geschieht, es mag dieser der stoßende oder der gestoßene seyn,) davon aber aus Mangel der Elasticität nichts zurück gegeben wird. Bei sehr weichen Körpern kann es geschehen, daß das ganze Moment des Stoßes darauf verwandt wird, so daß gar kein Fortbewegen eines ganzen Körpers erfolgt.

§. 286. b.

Wenn einer der beiden Körper weich, der andere (im Verhältniß zu dem anderen) hart ist, so kann dennoch bei einer sehr schnellen Bewegung oder großen Masse des weichen gegen den harten der harte bewegt werden.

§. 287.

In den vorigen Sätzen haben wir durchgängig angenommen, daß ein **ganzer** fester Körper vermöge

ge des Stoßes aus seiner Stelle bewegt oder nicht bewegt werde. Es kann aber auch geschehen, daß vermöge des Stoßes nur **ein Theil** von einem Körper getrennt (**abgerissen**) wird, und das übrige an seiner Stelle bleibt. Dies geschieht namentlich dann, wenn die Masse des gestossenen Körpers gegen das Moment des stoßenden zu groß ist, um von demselben eine beträchtliche Geschwindigkeit zu erhalten, der Stoß nur einen Theil des Körpers trifft, und die Cohäsion dieses Theiles mit dem übrigen zu schwach ist, um dem Momente des Stoßes zu widerstehen.

§. 288.

Auch **flüssige** Körper können einander stoßen, können feste Körper stoßen und von diesen gestoßen werden. Weil aber der Stoß nicht allein ihre Gestalt noch mehr, als bei dem weichen ändert, sondern auch dieselben nach Verschiedenheit der Richtung und anderer Umstände in verschiedenem Grade und auf verschiedene Weise **zertheilt**, so sind die Gesetze dieses Stoßes zu verwickelt, um in Anfangsgründen der Physik eingesehen zu werden. Wir bemerken nur, daß, wenn das Moment eines bewegten flüssigen Körpers (in Masse oder Geschwindigkeit) groß genug ist, so daß nach Abgang des Theils, der zur Aenderung der Gestalt und zur Zertheilung des flüssigen Körpers verwandt wird, noch ein hinlänglicher Theil übrig bleibt, allerdings durch flüssi-

ge

ge Körper auch feste in Bewegung gesetzt werden können, wie die Wasser- und Windmühlen beweisen.

* * *

Traité de la percussion ou chocq des corps, per Mr. Mariotte. Paris 1673. 12.

6. Von dem Widerstande.

§. 289.

Widerstand (*Resistentia*) heißt alles das, was Bewegung hindert, also, nach Verhältniß seiner Größe zur Größe der bewegenden Kraft, dieselbe mehr und weniger mindert, oder völlig hemmt.

§. 290.

Eine jede **Bewegung** selbst ist ein Widerstand gegen eine andere, der sie gerade entgegengesetzt ist (§. 96). Es hebt nämlich, wenn zwei Bewegungen einander gerade entgegengesetzt sind, jede in der andern so viel statisches Moment auf, als sie selbst beträgt. Auf solche Weise widersteht jede Masse vermöge ihrer **Schwere** einer Bewegung, die sie aufwärts treibt (§. 158).

§. 291.

Auch dann, wenn eine Bewegung einer andern nicht gerade entgegengesetzt ist, sondern eine solche Richtung hat, welche mit der Richtung der andern einen **Winkel** macht, ist die eine als unvollkommener Wi-

Widerstand der andern anzusehen, doch so, daß sie nicht, wie in jenem Falle, dieselbe geradezu vermindert, sondern so, daß sie ihr eine andere Richtung giebt. Was dabei erfolge, ergiebt die Lehre vom Parallelogramm der Kräfte (§. 97 fgg.).

§. 291.[b]

Auf solche Weise widersteht jede **Masse**, in so fern sie **schwer** ist, auch der horizontalen oder der nur schräg aufwärts gerichteten Bewegung. Was vermöge dieses Widerstandes erfolge, ist oben (§. 159) gezeigt worden.

§. 292.

Aber die **Masse** widersteht auch der Bewegung bloß als Masse, ohne Rücksicht auf ihre Schwere. Daß eine ruhende Masse in Bewegung gesetzt werde, ist eine bewegende Kraft nöthig, diese mag nun selbst eine vorhergehende Bewegung (§. 87), oder eine Grundkraft (§. 93) seyn. Da diese Kraft der Bewegung proportional seyn muß, so wird (§. 94) bei gleicher Geschwindigkeit die bewegende Kraft sich, wie die zu bewegende Masse, verhalten müssen: die doppelte Masse wird zu einer Bewegung von bestimmter Geschwindigkeit die doppelte Kraft erfordern u. s. w. Auf diese Weise findet jede bewegende Kraft an der Masse selbst einen **Widerstand**, welcher (bei gleichem Bestreben zur Geschwindigkeit) **der Masse proportional** ist.

§. 293.

Eine Kraft, welche die **Gestalt** oder **Größe** eines Körpers zu ändern strebt, findet einen Widerstand an seiner **Zusammenhaltung** (Cohaesio) (§. 161) und den verschiedenen Arten derselben, Härte, Steifigkeit ꝛc. der oft sehr beträchtlich ist. Noch beträchtlicher wird dieser bei übrigens gleichen Umständen, wenn die Kraft die Zusammenhaltung irgendwo aufzuheben, den Körper zu **trennen** strebt.

§. 294.

Eine Kraft, welche einen gewissen Widerstand überwindet, verliert allemal so viel von ihrer Größe, als die Größe des Widerstands beträgt; ist die Größe des Widerstands ihr gleich, so ist sie ganz darauf verwandt, wird 0, und kann mithin gar keine Bewegung mehr bewirken; ist der Widerstand kleiner, so ist doch ein Theil von ihr darauf verwandt, welcher dem Widerstande gleich ist, und sie kann nur mit dem Reste noch Bewegung des widerstehenden Körpers selbst oder eines andern bewirken.

§. 295.

Wenn ein Körper von einer Kraft getrieben wird, sich nach einer gewissen Richtung zu bewegen, und **nachdem** er schon durch einen größern oder kleinern Raum bewegt worden, auf seinem Wege einen anderen Körper trifft, der ihm, sey es bloß vermöge seiner Masse (§. 293), oder zugleich vermöge

möge entgegengesetzter Geschwindigkeit, widersteht, so entsteht Stoß. Von diesem ist in dem vorigen Abschnitte gehandelt worden. Wenn aber ein Körper von einer gewissen Kraft getrieben wird, sich nach einer gewissen Richtung zu bewegen, und sogleich im Anfange des bevorstehenden Weges ein anderer Körper ihm widersteht, so daß er die Bewegung gar nicht einmal anfangen kann, ohne den andern Körper aus seiner Stelle zu treiben, so entsteht diejenige Wirkung, welche man **Druck** (*Pressio*) nennt.

§. 296.

Wenn nur **ein** Körper Bestreben zur Bewegung hat, und ein anderer ihm nur ruhend widersteht, so heißt jener der **drückende** (*premens*), dieser der **gedrückte** (*pressum*). Wenn aber der andere auch ein Bestreben zur Bewegung hat, dessen Richtung der Richtung jenes Bestrebens entgegen gesetzt ist, so sind beide drückend und gedrückt zugleich.

§. 297.

Ein Druck kann Bewegung bewirken, der dann bei festen Körpern nach den Gesetzen des Stoßes fester Körper (§. 267) geschieht, indem, wenn der drükkende Körper wirklich bewegt wird, sein Moment sich in die Massen des drückenden und gedrückten vertheilt. Eben so bei flüssigen Körpern, die von festen, (z. E. Röhren) so umschlossen werden, daß sie durch den drückenden (z. E. einen Stempel) ganz

fort=

fortgetrieben werden können. Bei flüssigen Körpern, die nicht in feste eingeschlossen sind, weichen die vom Drucke getriebenen Theile demselben aus, indem sie von den übrigen Theilen sich trennen.

S. unten vom **Widerstand der Mittel.**

§. 298.

Hingegen kann auch ein Druck **gehemmt** werden, so daß keine Bewegung erfolgt. Erstlich bloß durch den Widerstand der Masse (§. 293). So, wenn ein fester Körper gedrückt wird, dessen Masse (allein, oder sammt den in der Richtung des Drucks vor ihm liegenden) gegen das Moment des Drucks zu groß ist und dessen Cohäsion doch groß genug ist, um auch die Trennung eines Theils von ihm nicht zu gestatten; wenn ein flüssiger Körper in einem festen (der an sich hinlänglich widersteht) so eingesperrt ist, daß er in demselben dem Drucke nicht ausweichen kann. Gasarten werden in diesem Falle durch den drückenden Körper so weit zusammengedrückt, bis durch die Zusammendrückung ihre Expansivkraft dem Drucke gleich geworden ist.

S. unten das Kapitel von der **Luft.**

§. 298. b.

Wenn eine Masse bloß als Masse widersteht, so kann sie, wenn sie auch noch so groß gegen das Moment einer Bewegung wäre, dieselbe nicht ganz aufheben. Allein, wenn sie **sehr groß** gegen das-

selbe

selbe ist, so wird durch die Vertheilung der Geschwindigkeit der drückenden Masse in diese und die sehr große gedrückte die Geschwindigkeit so **klein**, daß sie unbeträchtlich wird.

§. 298. c.

Zweitens, durch den Widerstand eines Drucks in entgegengesetzter Richtung. Wenn zwei Massen, jede mit einem gewissen Bestreben zu einer Geschwindigkeit, einander entgegendrücken, und die Geschwindigkeiten, welche sie erhalten würden, **wenn** sie sich bewegten, sich umgekehrt verhalten, wie die Massen, so wirkt beiderseitig das Bestreben zur Geschwindigkeit eben so viel, als wenn die Massen sich wirklich bewegten; beide Bestrebungen heben einander nothwendig auf, und es ist hier völliger Stillstand.

So an dem Hebel (§. 220) zwei Massen, welche sich umgekehrt zu einander verhalten, wie ihre Entfernungen vom Ruhepuncte: in den Schenkeln einer Röhre gleich hohe Wassersäulen (§. 322).

§. 299.

Wenn ein Druck gehemmt wird, so kann dennoch die Kraft, von welcher er abhängt, stetig **fortwirken**, so daß sie, sobald der Widerstand nachläßt, alsobald Bewegung macht. So geschieht dieses bei der Schwere, weswegen unterstützte Körper alsobald fallen, wenn die Unterstützung weggenommen wird.

§. 300.

Wenn ein Körper vermöge einer stetigen Kraft, (wie vermöge der Schwere,) gegen einen andern ruhenden drückt, der ihm nicht weichet, so daß keine Bewegung erfolgt, so ist der Widerstand dieses ruhenden allemal der Kraft des Druckes gleich. Wäre er kleiner, so würde er der drückenden Bewegung nach der Richtung des Drucks gestatten; wäre er größer, so würde der drückende Körper zurückgetrieben, welches beides nicht geschieht.

Von dem Widerstande der Mittel.

§. 301.

Der Widerstand der Masse (§. 292) ohne Rücksicht auf die Schwere derselben zeigt sich auch bei dem wichtigen Hindernisse der Bewegung, welchen man den **Widerstand der Mittel** nennt. Wir haben uns in der abstracten Betrachtung der Bewegung überhaupt und der Schwere, den Raum zwischen dem Orte, aus welchem ein Körper bewegt wird, und dem Orte, in welchen er bewegt wird, als leer gedacht. Das sind aber die Räume, in welchen die Körper sich bewegen, nicht; wenigstens lehrt uns von den Räumen, in denen die Körper unserer Erde bewegt werden, die Erfahrung, daß sie mit Materie, (Luft, Wasser ꝛc.) erfüllt, sind. Eine Materie, in welcher ein Körper bewegt wird, oder durch welche er gehen muß, um aus einem

nem Orte in einen andern zu gelangen, heißt ein **Mittel** (*Medium*). Es wird in der gegenwärtigen Betrachtung seines Widerstandes als **ruhend** gedacht.

§. 302.

Wir verstehen hier unter den Mitteln nur flüssige Materien, die wegen ihrer äusserst schwachen Cohäsion dem sich in ihnen bewegenden Körper überall hin äusserst leicht ausweichen. Bei festen Körpern macht die in verschiedenem Grade starke Cohäsion einen beträchtlichen Unterschied.

§. 303.

Die Mittel, in denen die Körper sich bewegen, sind nach Maaßgabe ihrer Beschaffenheit und der des sich bewegenden Körpers mehr und weniger ein beträchtlicher Widerstand. Denn der sich bewegende Körper kann sich nicht bewegen, ohne diejenigen Theile des Mittels vor sich hinzutreiben, und in Bewegung zu setzen, welche in seinem Wege liegen. Da dieses durch seine eigene Bewegung geschehen muß, so verliert er in jedem Stücke seines Weges von seinem Momente so viel, als die Masse des bewegten Mittels mit der Geschwindigkeit ausmacht, welche der des Körpers gleich ist, und erhält dadurch immerfort ein kleineres C, welches wir c', c'', c''', c''''.... nennen wellen, bis endlich c''''''''........ so unbeträchtlich klein wird, daß irgend ein noch hinzukommender kleiner Widerstand das kleine Moment Mc''''''''.... gänzlich aufhebt.

Im

Im ersten Fortgange des Körpers ist

$$c' = \frac{M C}{M + m}$$

wenn M die Masse des Körpers, m die des durch ihn bewegten im Volumen gleich großen Mittels heißt.

Im zweiten ist

$$c'' = \frac{M c'}{M + m}$$

Im dritten ist

$$c''' = \frac{M c''}{M + m}.$$

u. s. w.

§. 304.

Der Widerstand eines Mittels verhält sich unter übrigens gleichen Umständen, **wie das Quadrat der Geschwindigkeit** des bewegten Körpers, weil 1) der Widerstand der gleichen Masse sich wie diese Geschwindigkeit verhalten muß (§. 89); 2) die Quantität der Masse des Mittels, welche in Bewegung gesetzt wird, in geradem Verhältnisse mit der Geschwindigkeit steht.

Dieses Gesetz findet nur bei liquiden Mitteln Statt. S. §. 306. b.

§. 305.

Ausserdem hängt die Stärke des Widerstandes eines Mittels bei gleicher Geschwindigkeit des sich bewegenden Körpers von der **Dichtigkeit** des Mittels und dem Grade der **Flüssigkeit** desselben ab.

§. 306.

§. 306.

Das Mittel, in welchem wir die meisten Bewegungen beobachten, ist die **Luft**, ein nicht nur flüssiger Körper, sondern auch ein Körper von so geringer Dichtigkeit, daß sein Widerstand gegen sehr dichte Körper nur gering ist, und diese eine sehr lange Bewegung durch die Luft fortsetzen können. Solche Körper fallen auch durch die Luft fast so geschwinde, als ob sie frei fielen (§. 144. 155), weil das kleine statische Moment, welches sie der Luft auf jedem Theile ihres Weges abgeben, nach Verhältniß ihres eigenen großen nur unbedeutend wenig beträgt. Je minder dicht unter übrigens gleichen Umständen der sich bewegende Körper ist, desto größeren Widerstand findet er (aus demselben Grunde) in der Luft, und desto eher wird er durch denselben zur Ruhe gebracht. Bloß daher fallen lockere Körper in der Luft langsamer, als dichte, und sehr lockere sehr langsam. Indessen ist auch für sehr dichte Körper der Widerstand der Luft nicht ganz unbeträchtlich; er trägt zum Abnehmen der Pendelschwingungen sehr viel bei, ändert die parabolischen Bahnen geworfener Körper, zumal bei der großen Geschwindigkeit mit Feuergewehr geschossener, beträchtlich ab. ꝛc.

Ein **Ducaten** und eine **Pflaumfeder** fallen in freier Luft mit sehr ungleicher Geschwindigkeit, weil die Masse der Luftsäule, welche dem Ducaten widersteht, im Verhältniß zu seiner großen Masse sehr wenig, aber die Masse der Luftsäule, welche der Pflaumfeder widersteht, nach Verhältniß zu deren kleiner Masse sehr beträchtlich wider-

widersteht. In der Guerikischen Leere fallen beide fast zugleich nieder.

Wenn eine feine **Wage**, auf welcher in freier Luft ein **Bleigewicht** und ein Stück **Korkholz** im Gleichgewichte stehen, unter einen Recipienten gestellt, und die Luft so viel als möglich ausgepumpt wird, so sinkt das Korkholz nieder, weil der weggenommene Widerstand für dieses viel, für das Blei fast gar nichts beträgt. Solche lockere Körper sollten daher, um ihr absolutes Gewicht genau zu bestimmen, unter der Luftpumpe gewogen werden.

§. 306.b.

Da die Luft zusammendrückbar und **elastisch** ist, ihre Elasticität aber mit der Zusammendrückung zunimmt, so erleidet sie durch in ihr fallende oder sonst sich schnell bewegende Körper eine desto größere Zusammendrückung, widersteht aber auch desto mehr, je geschwinder die Bewegung des fallenden ꝛc. Körper ist. Hier ist also der Widerstand größer, als das Quadrat der Geschwindigkeit. Ein in der Luft fallender Körper wird nicht mehr gleichmäßig beschleunigt (§. 144), wenn er durch den Fall eine so große Geschwindigkeit erhält, daß der Widerstand der Luft gegen seine Bewegung seinem eigenen Gewichte gleich wird.

Charles Hutton *traits mathematical and philosophical.* I. London 1786. p. 99. **Johann Jos. Prechtl's** Versuche zur Bestimmung des absoluten Widerstandes, den eine in der Luft (auf die Richtung ihrer Bewegung senkrechte) Fläche erleidet in **Gilbert's** Annalen der Physik. XXIII. 2. S. 131.

§. 307.

Ferner verhält sich der Widerstand eines Mittels unter übrigens gleichen Umständen, wie die **Größe der Fläche**, mit welcher ein Körper, bei gleicher Masse, gegen das Mittel wirkt, weil, für gleiche Länge der fortzuschiebenden Säule des Mittels, der Kubikinhalt, (und mithin bei einer und derselben Dichtigkeit) die Masse desselben sich wie diese Fläche verhält.

Der **Fallschirm** (*Parachûte*).

§. 308.

Wenn die Richtung cd (Tab. I. fig. 15.), in welcher ein Körper sich bewegt, gegen die Fläche ab (die Linie ab soll den Durchschnitt der Fläche vorstellen,) welche er dem widerstehenden Mittel entgegenstellt, **senkrecht** steht, so wirkt der Widerstand des Mittels ihm mit seiner **ganzen** Stärke entgegen. Wenn aber diese Richtung cb **schief** ist, so wirkt der Widerstand nur zum **Theile**, zu desto kleinerem Theile, je schiefer die durch den **Richtungswinkel** x bestimmte Richtung ist, und der senkrechte Widerstand verhält sich zum schiefen, wie der **Sinus totus** zum **Sinus des Richtungswinkels** x.

Der durch cb vorgestellte Widerstand läßt sich in ce und cd zerlegen (§. 100). Er wirkt nur mit dem senkrechten Theile cd; ce als parallel mit der Fläche ab geht verloren.

cb : cd = Sinus totus: Sinus anguli x.

Die Gestalt der **Vögel**, **Fische** rc. der **Schiffe**, **Pendellinsen** rc.

Von der Reibung.

§. 309.

Wenn ein Körper sich dicht an einem andern hin bewegt, so entsteht ein gewisses Hinderniß der Bewegung, welches man **Reibung** (*Frictio*) nennt. Die eigentliche Reibung besteht in demjenigen Hindernisse, welches bei einer solchen Bewegung von der **Rauhigkeit** der Körper abhängt, so daß feine Erhabenheiten des einen Körpers in Vertiefungen des andern eingreifen, und dadurch eben solchen Erhabenheiten des andern widerstehen. Diese Reibung ist wohl nichts anders, als eine wiederholte Menge äusserst schiefer und excentrischer Stöße (§. 281. 282). Allein, meist wird das Wort Reibung in einer weiteren Bedeutung genommen, so daß auch dasjenige Hinderniß darin begriffen wird, welches von der starken **Anziehung** der einander berührenden Körper zu einander herrührt.

§. 310.

Reibung, die von Rauhigkeit herrührt, findet nur bei **festen** Körpern Statt. Indessen redet man oft auch von Reibung des Wassers, des Quecksilbers, an Röhren und ihren Mündungen: diese Reibung kann keine andere, als die Wirkung der Anziehung seyn.

§. 311.

Wie **groß** das von der Reibung abhängende Hinderniß sey, läßt sich wegen der sehr verschiedenen Umstände, von denen sie abhängt, um so weniger allgemein mit einiger Genauigkeit bestimmen, wenn sowohl Anziehung als Rauhigkeit unter diesem Namen begriffen werden. Erstlich ist die eigentliche Reibung ohne Zweifel desto stärker, je **rauher** die einander berührenden Flächen sind, d. h. je mehr hervorragend ihre einzelnen Erhabenheiten sind. Aber äusserst **glatte** Flächen (zumal von einerlei Materie) werden schwieriger an einander hin bewegt, als etwas minder glatte, weil die Glätte die Menge der Berührungspuncte und daher die Anziehung vermehrt (§. 196).

§. 312.

Zweitens ist die Reibung desto größer, je **stärker** die sich einander berührenden Flächen der an einander sich hin bewegenden Körper gegen einander **gedrückt** werden. Hängt die Reibung von Rauhigkeit ab, so können die Hervorragungen beider Flächen um so schwieriger einander wechselseitig übersteigen; hängt sie von Anziehung ab, so wird diese durch die Annäherung größer (§. 128. b.).

Unter Druck bei der Reibung muß man nicht bloß den des Gewichts verstehen, indem auch mancherlei andere Arten des Drucks, z. E. der von Elasticität, dabei wirken können.

§. 313.

Bei gleichem Drucke und gleicher Rauhigkeit oder Glätte muß drittens die Stärke der Reibung mit der **Größe** der einander berührenden **Flächen** im Verhältnisse stehen. Denn für die Rauhigkeit steht die Zahl der hinderlichen Hervorragungen, für die Anziehung die Zahl der Berührungspuncte (§. 196) in diesem Verhältnisse.

Wenn aber der Druck bloß vom **Gewichte** des einen der beiden Körper abhängt, indem derselbe auf dem andern liegt, und der drückende Körper verschiedene Dimensionen hat, so ist, wenn er mit der schmalen Seite aufliegt, zwar die sich reibende Fläche kleiner, aber dagegen der Druck stärker, und wenn er mit der breiten Seite aufliegt, zwar sie sich reibende Fläche größer, aber der Druck schwächer.

§. 314.

Für vierte hängt die Größe der Reibung von der **Geschwindigkeit** der bewegten Körper ab. Je geschwinder er bewegt wird, desto weniger haben die Erhabenheiten des einen Zeit, sich in Vertiefungen des andern einzusenken, und desto weniger hat auch die wechselseitige Anziehung Zeit, zu wirken.

§. 315.

Fürs fünfte ist zwischen **gleitender** und **wälzender** Reibung ein beträchtlicher Unterschied. Bei der gleitenden Reibung bewegt sich eine ebene Fläche an einer andern ebenen, oder eine convexe an einer concaven von gleicher Krümmung hin; bei

der

der wälzenden hingegen eine convexe an einer ebenen, oder an einer convexen hin. Jene ist der Bewegung viel hinderlicher, als diese; in Rücksicht auf die Rauhigkeit heben sich bei der wälzenden Reibung die Erhabenheiten des einen Körpers immerfort selbst aus den Vertiefungen des andern heraus, und auch in Rücksicht auf Anziehung vermag diese bei der wälzenden Reibung sehr wenig, weil bei dieser jedesmal nur wenige Puncte (beim Kylinder eine Linie, bei der Kugel gar nur ein Punct) in Berührung sind.

Anwendung auf das **Fuhrwerk.**

§. 316.

Endlich ist auch die Reibung unter übrigens gleichen Umständen nach Verschiedenheit der **Materie** verschieden, und insbesondere bei Körpern von **einerlei Stoffe** stärker, als bei Körpern von verschiedenem. Dieses läßt sich nicht aus der verschiedenen Rauhigkeit erklären, um so weniger, da dieser Unterschied gerade bei sehr glatten Körpern am merklichsten wird.

Messing auf Messing, Stahl auf Stahl, reiben sich viel stärker, als Messing auf Stahl. Selbst bei einerlei und verschiedenem Holze findet dieses Statt.

§. 317.

Nur für einzelne Fälle kann man die Größe dieses Widerstandes durch gewisse Werkzeuge untersuchen, welche man **Reibungsmesser** oder **Tribometer** nennt.

Jede **geneigte Ebene**, deren Tafel in einem Gewinde beweglich ist, so daß sie zu einem größeren und kleinenen Winkel gegen die horizontale Fläche gestellt werden kann, ist als ein Tribometer zu gebrauchen, um zu bestimmen, wie stark die Materie der Tafel und die eines auf ihr liegenden Körpers sich an einander reiben (Tab. II. fig. 25.) Man lege den Körper A auf die Tafel, und hebe sie so lange, bis man den **Ruhewinkel** a findet, d. h. den größten Winkel, bei welchem der Körper noch eben durch die Reibung gehindert wird, die Ebene hinab zu gleiten. Dann ist die Reibung gleich der Kraft, mit welcher der Körper sich bestrebt, die Ebene hinab zu gleiten. Diese verhält sich zum rechtwinklichten Druck gegen die schiefe Ebene, wie ed : se (§. 248). Wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke esd und cab verhält sich

$$ac : cb = se : ed$$

d. h. der Sinus totus verhält sich zur Tangente des Ruhewinkels a, wie der rechtwinklichte Druck gegen die schiefe Ebene zur Reibung. Legt man die Ebene horizontal, so ist dieser Druck se gegen die Ebene nun dem Gewichte gleich, und man hat also das Verhältniß der Reibung des Körpers zu seinem Gewichte, wenn er wagerecht auf einer Ebene von dieser Materie hingleitet.

Musschenbroek's Tribometer bestand aus einer hölzernen Welle mit einer stählernen Axe, deren Enden oder Zapfen in Zapfenlager aus verschiedenen Materien gelegt werden konnten. Zu beiden Seiten des Umfangs der Welle hingen Gewichte herab, und man fand durch Versuche, wie viel Ueberwucht wenigstens nöthig war, um die Welle nach einer Seite herum zu drehen, also die Reibung zu überwinden. Wenn der Halbmesser der

Welle 20mal größer war, als der eines Zapfens, so war die Reibung dem 20fachen der Ueberwucht gleich zu schätzen, die an Umfang der Welle hieng.

§. 318.

Indessen ist diese Reibung in vielen Fällen der Bewegung ein sehr wichtiges Hinderniß. Ohne Reibung würde jede auch noch so kleine Ueberwucht der Kraft am Hebel und hebelartigen Maschinen die Last überwinden; allein wegen der Reibung (der Zapfen in den Zapfenlagern rc.) ist allemal eine beträchtliche Ueberwucht bloß dazu nöthig, diese zu überwinden. Es liegt vorzüglich in dem so schwer zu bestimmenden Maasse dieses Hindernisses, daß so oft die Wirkung einer Maschine in der Erfahrung nicht mit der Berechnung übereinstimmt.

§. 319.

Man **mindert** die Reibung durch Glättung der an einander sich bewegenden Oberflächen; dadurch, daß man, wo es sich thun läßt, nicht Körper von einerlei Stoffe, sondern von verschiedenem an einander bringt, und dieselben nicht an einander hingleiten, sondern an einander sich hinwälzen läßt; endlich auch dadurch, daß man **Schmiere**, d. h. gewisse flüssige, oder doch sehr leichtflüssige, (insbesondere Fett,) oder leicht fein zerreibliche Körper, (Plumbago,) zwischen die festen an einander sich hin bewegenden Körper bringt, indem diese die un-

mit-

mittelbare Berührung jener Körper verhindern, und doch sich selbst sehr leicht verschieben lassen.

Nicht jede Schmiere taugt für jede Art von Körpern; sie ist untauglich, wenn sie stark an einem oder beiden der festen Körper haftet.

Vom großen Nutzen des Reibens in allen Fällen, in welchen eine zweckwidrige Bewegung gehindert werden soll.

Sie-

Achtes Kapitel.

Von der Bewegung des Wassers und anderer liquider Körper.

§. 320.

Von der äusserst schwachen Zusammenhaltung liquider Körper und der äusserst leichten Verschiebbarkeit ihrer Theile (§. 167) hängt es ab, daß ihre Bewegungen etwas eigenes, von den Bewegungen fester Körper verschiedenes, haben. Man nennt den Theil der Naturlehre, welcher dieses eigene der Bewegung flüssiger Körper betrachtet, die **Hydrostatik**.

Wie man im allgemeinen **Statik** und **Mechanik** (§. 86) unterscheidet, so kann man auch **Hydrostatik** und **Hydromechanik** unterscheiden. Jener Name bezeichnet dann eigentlich die Lehre vom Gleichgewicht liquider Körper unter einander und mit festen (§. 91), bei welchem zwei gleiche Momente einander hemmen. Der leztere Name ist jedoch nicht gewöhnlich, und man pflegt beide zusammen genommen mit dem erstern Namen zu unterscheiden. Einige gebrauchen für die Hydromechanik den Namen **Hydrodynamik**. Von diesem Namen können wir hier keinen Gebrauch machen, weil wir unter **Dynamik** (§. 116) die Lehre von den Grundkräften verstehen. **Hydraulik** ist insbesondere die Lehre von der Bewegung des Wassers in Röhren; nur

nur von den ersten Anfangsgründen dieser vielumfassenden und wichtigen Wissenschaft kommt ein Theil in diesem Kapitel, ein Theil in denen von der Luft, und von der Wärme vor.

Hydrostatik heißt dieser Theil der Naturlehre, in so fern hier **Wasser** statt aller anderen liquiden Materien betrachtet wird, obwohl in diesem Theile der Naturlehre gar nicht das Wasser, als Wasser, bloß als Liquidum, betrachtet wird, und in den fgg. Sätzen, wo nicht verschiedne Arten von liquiden Körpern unterschieden werden, statt „Wasser" — „*Liquidum* **überhaupt**" gesetzt werden kann.

§. 321.

Wasser kann **in festen Behältern** von verschiedener Materie, (Stein, Glas, Metall, Holz ꝛc.) enthalten seyn, indem die Wände des Behälters es von unten und von den Seiten unterstützen. Wenn es in solchen Behältern **ruhig steht**, so zeigt es allemal **eine ebene horizontale Oberfläche**, welche man den **Wasserspiegel** (*le Niveau*) zu nennen pflegt. Man kann dieses **hydrostatische Grundgesetz** aus der Erfahrung ableiten; doch läßt es sich vielleicht auch a priori beweisen (S. d. fgg. §§.).

§. 322.

Kylindrische (oder prismatische) Behälter, welche Mündungen haben, deren Ebenen ihre Axe durchschneiden, heissen **Röhren** (*Tubi, Tubuli*). **In einer** zweimündigen dermaassen **gebogenen Röhre,**

daß

daß ihre beide Schenkel aufwärts (d. h. der Richtung der Schwere entgegen) gerichtet sind, **ist das darin enthaltene Wasser dann im Gleichgewichte**, und steht also dann darin ruhig, **wenn die Wassersäulen beider Schenkel gleich hoch stehn**, (d. h. wenn beide Wasserspiegel ab und ef in einer Horizontalebene liegen).

(Anm. Es wird hier stillschweigend vorausgesetzt, daß die Röhrenmündungen offen sind, und auf die Wasserspiegel von oben einerlei Luft drückt, so daß dieser Druck ganz bei Seite gesetzt werden darf.)

Wegen der Flüssigkeit des Wassers drückt (Tab. III. fig. 34.) die Wassersäule abcd nicht bloß abwärts, sondern mittelbar durch das verbindende Wasser dchg gegen die Wassersäule efgh aufwärts, und bestrebt sich dieselbe zu heben. Eben so drückt die Wassersäule efgh mittelbar aufwärts gegen abcd. Sie drücken also beide gegen einander, eine bestrebt sich die andere zu heben, und wegen der Gestalt der Röhre würde der Wasserspiegel ef steigen müssen, wenn ab sänke, ab steigen müssen, wenn ef sänke. Nun läßt sich aber von jeder möglichen Verschiedenheit der Röhren, auf die es hier ankommt, (die Röhren mögen gerade oder krumm, senkrecht oder geneigt seyn, ihre Schenkel von gleicher oder ungleicher Weite seyn,) beweisen, daß der Druck der Säule abcd dem Druck der Säule efgh nur dann gleich sey, wenn beide Wasserspiegel gleich hoch stehen.

I. Die Röhren sind **gerade**.

1. Beide Röhren sind **von gleicher Weite**.

A. Beide Röhren sind **senkrecht** (Tab. III. fig. 34.)

Wenn

Wenn die Wassersäule a b c d sinken, und die e f g h steigen würde, oder umgekehrt, so würde jede in ihnen denkbare (horizontal abgeschnittene) Wasserschicht, wie a b, e f, einerlei Geschwindigkeit erhalten. Sie werden also nur dann einander das Gleichgewicht halten, wenn ihre Massen gleich sind, mithin, wenn sie gleiche Höhe haben (§. 91).

B. Eine von beiden Röhren e f g h ist gegen die Horizontalebene **geneigt** (fig. 35.).

Da die Wassersäule e f g h von der schiefen Ebene f g einigermassen unterstützt wird, so ist zwar ihr Bestreben zu sinken im Verhältniß von f p : f g (d. h. vom **Sinus des Neigungswinkels zum Sinus totus**) kleiner, als wenn sie senkrecht stände (§. 248), und sie kann daher in eben diesem Verhältnisse als eine kleinere Masse angesehen werden (§. 253). Allein wenn die Wassersäule a b c d sinken und e f g h steigen würde, oder umgekehrt, so würde jede in der geneigten Säule e f g h denkbare horizontale Wasserschicht in eben diesem **umgekehrten** Verhältnisse (f g : f p) mehr Geschwindigkeit haben, weil sie den längern Raum f g durchlaufen muß, wenn jede Schicht in der senkrechten Säule abcd den kürzeren Raum a d = f p durchläuft. Daher ist die Wirkung der schiefen Säule e f g h der Wirkung einer senkrechten m n g h von gleicher Höhe gleich zu schätzen (§. 92), und es kann mithin zwischen den beiden Wassersäulen a b c d und e f g h nur dann Gleichgewicht Statt finden, wenn sie gleich hoch sind (A).

C. **Beide** Röhren sind gegen die Horizontalebene **geneigt**.

Da jede derselben einer senkrechten von gleicher Höhe gleich zu schätzen ist (B), so darf man in der Demonstration

tion nur eine solche statt ihrer setzen, und dann den Beweis, wie in A führen.

2. Beide Röhren sind von **ungleicher Weite** (fig. 36).

Wenn die Wassersäule abcd sinken und die efgh steigen soll, oder umgekehrt, so muß jede in abcd denkbare Wasserschicht sich um so vielmal geschwinder bewegen, als jede in efgh, wie die Weite (oder Grundfläche) ef (der Kreis, dessen Durchmesser ef ist), grösser ist, als die Weite ab (der Kreis, dessen Durchmesser ab ist). Es sey z. E. ef = 4, ab — 1, so daß die Weiten sich wie 16 : 1 verhalten, so muß, wenn ef um 1″ sinkt (oder steigt), ab um 16″ steigen (oder sinken), weil die in efgh 1″ hohe Schicht (16 Quadratzoll zur Grundfläche habend) 16 Kubikzoll ausmacht, und dieser Schicht abcd eine gleiche Schicht ausweichen (oder folgen) muß, diese gleiche Schicht aber (nur 1 Quadratzoll zur Grundfläche habend) 16″ hoch seyn muß, um 16 Kubikzoll auszumachen. Es würden also, wenn eine der Wassersäulen abcd und efgh die andere in Bewegung setzte, ihre **Geschwindigkeiten sich umgekehrt verhalten, wie ihre Weiten.** ~~Dennoch~~ müssen, wenn sie einander das Gleichgewicht halten sollen, ihre **Massen sich verhalten, wie ihre Weiten** (§. 92); d. h. sie müssen gleiche Höhen haben.

Diese Demonstration hat Aehnlichkeit mit der (§. 220) vom Hebel, und es gilt auch hier das **Cartesische Kräftenmaaß.**

Da eine geneigte Röhre, wie eine senkrechte von gleicher Höhe wirkt, so kann diese Demonstration von geneigten, wie von senkrechten geführt werden, indem man erst nach I. 1. B. statt der geneigten Röhre eine senkrechte setzt 2c.

II.

II. Die Röhren sind gekrümmt. Wenn die Röhren nur gebrochen sind, aus geraden in verschiedenen Winkeln geneigten Theilen bestehen, (fig. 37.), so kann man statt jedes geneigten Theils abcd, cdik, ikml, eine senkrechte von gleicher Höhe setzen, und so den Beweis von ihr führen. Wenn sie wirklich gekrümmt sind, wie efgh, so muß man sie in Schichten von unendlich kleiner Höhe getheilt denken, und dann in beiden einander entgegen drückenden Wassersäulen Schicht gegen Schicht rechnen (die in einer Ebene liegen).

§. 323.

Da bei den Röhren fig. 34. 35. 36. an denen bisher die Demonstration geführt worden, der Queerschenkel dg, |ng, zur Wirkung der einander entgegen drückenden Wassersäulen gar nichts beiträgt, so ist klar, daß alle jene Sätze eben sowohl von dem Falle gelten, in welchem beide Schenkel ac und bc (fig. 47.) unmittelbar in einem Winkel zusammen kommen, als von dem, in welchen sie mittelst eines Queerschenkels vereinigt sind.

§. 324.

Eben so ist klar, daß, wenn eine Röhre, deren aufsteigende Schenkel durch einen Queerschenkel vereinigt sind, aus der Lage fig. 34., in welcher der Queerschenkel horizontal steht, in eine Lage fig. 48. gebracht wird, in welcher der Queerschenkel schräg liegt, dennoch dasselbe Gesetz gelte, indem die Fälle §. 322. II. fig. 37. und §. 323. fig. 47. vereinigt sind.

§. 325.

Wenn man so verfährt, so läßt sich diese Demonstration auch auf andere gebogene Röhren ähnliche Behälter ausdehnen, welche aber nicht kylindrisch oder prismatisch, sondern konisch, pyramidalisch rc. von jeder beliebigen Gestalt sind, und auf diese Weise einsehen, daß **das Wasser in zweischenklichten Behältern von jeder möglichen Gestalt nur dann in Ruhe seyn kann, wenn es in beiden Schenkeln gleich hoch steht.** Und was von dem Gleichgewichte **zweier** Wassersäulen erwiesen worden, gilt offenbar auch von **dreien, vieren** rc. so vielen man will, indem jede der Wassersäulen gegen alle übrigen zusammen genommen drückt. Es kann also auch in **Röhren von mehreren Schenkeln,** welche alle nach unten Gemeinschaft haben, und deren jede nach oben offen ist, das Wasser nur dann in Ruhe seyn, wenn es in allen Schenkeln gleich hoch steht.

§. 326.

Nun kann man sich in **einem** Wasser MNOP (fig. 38), das in einem Behälter steht, überall eine senkrechte Wassersäule abcd denken, so dick oder dünn man will; für diese Wassersäule ist es einerlei, ob sie von einem festen Behälter oder von dem umgebenden Wasser eingeschlossen ist, und sie wird also gegen jede andere Wassersäule efgh in demselben Wasser eben so durch cdgh mittelbar aufwärts drük-

drücken, als ob die gedachte Gränze abcdghef eine zweischenklichte Röhre wäre. Gegen jede solche denkbare Wassersäule abcd läßt sich alles übrige desselben Wassers MNOP als eine Menge anderer Wassersäulen betrachten, und so ist klar, daß das ganze in einem Behälter eingeschlossene Wasser nicht anders in Ruhe seyn kann, als wenn alle diese Wassersäulen gleich hoch stehen, d. h. wenn **alle oberste Theile des ganzen Wassers in einer Horizontalebene** (Wasserspiegel) **liegen** (§. 326).

§. 327.

Weil jedoch jener Beweis §. 322. von gekrümmten Röhren nicht so evident ist, als von geraden, und von Behältern mannigfaltiger Gestalt lange nicht so evident, als von eigentlichen (prismatischen und cylindrischen) Röhren, so scheint es fast besser, den Grund jener Erscheinung (§. 321) unabhängig von der Demonstration §. 323. darzuthun.

Man denke sich in a (fig. 39.) ein Wassertheilchen, welches höher als andere Theile des Wasserspiegels liegt; so daß ba eine geneigte Ebene wird; vermöge der Schwere bestrebt es sich, in der Richtung bd zu sinken. Man zerlege dieses Bestreben (§. 100) in eines nach bc, welches senkrecht auf die geneigte Wasserfläche ba, und eines ab, welches ihr parallel geht. Nach bc kann das Wassertheilchen sich nicht bewegen, weil die unter ihm liegenden Wassertheilchen widerstehen; es bleibt also nur das Bestreben nach ba übrig; das Wassertheilchen wird, wie auf einer schiefen Ebene hinabgleiten, bis ba horizontal ist, so daß bc mit bd zusam-

men fällt und ab Null wird. Dan. Bernoulli *hydrodynamica.* Arg. 1738. 4. Theor. I. p. 17.

§. 328.

Nachdem dieses geschehen ist, kann man umgekehrt verfahren, und den Satz §. 322. aus diesem herleiten. Man denke sich nämlich in einem ruhig stehenden Wasser (fig. 40.) einen ungefähr röhrenförmigen Theil acfedmb, gestaltet übrigens, wie man will, so müssen die Flächen ab, de, als Theile des ganzen Wasserspiegels MN, in einer horizontalen Ebene seyn. Man denke sich das umgebende Wasser weg, und statt seiner eine feste Wand, welche acfedmb eben so umschließt, wie es vorher das umgebende Wasser that. Da diese Wand in dem Drucke der Wassertheile von acfedmb gegen einander gar nichts ändert, so ist klar, daß auch jetzt die Flächen ab und de in einer horizontalen Ebene stehen müssen.

§. 329.

Alle diese Sätze gelten eben so von jedem anderen liquiden Körper, Oel, Quecksilber rc.; nur muß in dem ganzen Behälter (§. 321), und so auch in allen Schenkeln einer zwei- drei- rc. schenklichten Röhre einerlei Liquidum, wenigstens von einerlei Dichtigkeit seyn.

Man hat daher, um eine zwei oder mehrschenklichte Röhre mit einem Liquidum zu füllen, nur nöthig, dasselbe in einen Schenkel zu giessen, indem der Druck des darin

enthaltenen das unterste desselben immerfort in die anderen hinauf treibt, bis es in allen gleich hoch steht.

§. 330.

Wenn hingegen in einer zweischenklichten Röhre (fig. 41.), welche Quecksilber enthält, auf den Spiegel der einen Quecksilbersäule o p Wasser gegossen wird, so wird dieses zwar denselben niederdrücken und den andern q r heben; allein der andere freie q r wird nicht bis zu der Höhe des Wasserspiegels w x steigen, sondern beide Liquida werden im Gleichgewichte seyn, wenn die Höhe q s der über o p erhabenen Quecksilbersäule sich zu der Höhe w o der über o p erhabenen Wassersäule umgekehrt verhält, wie das specifische Gewicht des Quecksilbers zu dem des Wassers.

Eine Wassersäule z s, welche gleiche Höhe mit der Wassersäule w o hätte, würde dieser das Gleichgewicht halten. Aber eine Quecksilbersäule, deren Höhe q s sich zu der Höhe der Wassersäule z s verhält, wie das spec. Gewicht des Wassers zu dem des Quecksilbers, wird gerade so viel absolutes Gewicht haben, als die Wassersäule z s.

Es sey das absolute Gewicht des Quecksilbers P, sein specifisches S (= 14), seine Höhe, oder welches hier, bei einerlei Grundfläche qr gleich ist, sein Volumen v (= 1); das absolute Gewicht des Wassers p, sein specifisches s (= 1), seine Höhe V (= 14), so ist (§. 138)

$$s : S = \frac{p}{V} : \frac{P}{v}$$

und

$$sV : Sv = p : P$$ (§. 138)

Wenn nun

$$s : S = v : V$$ (wie hier voraus gesetzt wird)

so ist

$$sV = Sv$$ nämlich $1.14 = 14.1$

also auch $p = P$

Die Quecksilbersäule qs wird also eben den Druck ausüben, welchen an ihrer Stelle eine (14mal so hohe) Wassersäule zs ausüben würde, folglich der ihr entgegen drückenden (14mal so hohen Wassersäule wo) das Gleichgewicht halten.

§. 331.

Was hier vom Quecksilber erwiesen ist, gilt bei allen liquiden Materien von verschiedenem specifischen Gewichte, weil es sich bei jeder eben so beweisen lässet: man wählt nur das Quecksilber deshalb zum Exempel, weil der Beweis durch ein in Zahlen bestimmtes Verhältniß deutlicher wird, und der Unterschied des spec. Gewichts bei Quecksilber und Wasser vorzüglich groß ist.

§. 332.

Das Eigenthümliche der liquiden Körper, durch welches die Hydrostatik von der Statik fester Körper sich wesentlich unterscheidet, besteht eben darin, daß in einem liquiden Körper (der für sein Ganzes hinlänglich unterstützt ist) ein auf ihn wirkender Druck nicht bloß nach der Richtung des Druckes, sondern wegen der Verschiebbarkeit (§. 167) nach allen möglichen Richtungen sich fortsetzt, und so auch

jeder Theil vermöge seines Gewichts nicht allein abwärts, sondern **überall hin drückt.** Dieser Druck heißt der **hydrostatische Druck.**

Rob. Boyle *paradoxa hydrostatica* in dess. *Opp.* Genev. 1680. 4.

§. 333.

Die vorhergehende Betrachtung hat gezeigt, daß jede Säule a b c d eines liquiden Körpers (fig. 38.) MNOP vermöge ihres Gewichts mittelbar (wie durch c d g h) gegen jede andere Säule e f g h **aufwärts drücke,** so wie sie selbst von jeder anderen Säule aufwärts gedrückt **wird,** und das Gleichgewicht in einem unterstützten liquiden Körper, dessen Wasserspiegel horizontal eben ist, besteht eben darin, daß dieser Druck durch den ganzen Körper **gleich** ist, (so zu sagen, alle seine Säulen einander gleich stark aufwärts drücken.)

§. 334.

Der Druck des Gleichgewichts in einem liquiden Körper wirkt aber, wegen der Verschiebbarkeit auch seitwärts (**Seitendruck**), wie sich zeigt, wenn man in die Seitenwand eines Wasser enthaltenden Gefäßes (fig. 41.) eine Oeffnung macht. Sobald dieses geschicht, springt das Wasser in horizontaler Richtung mit einer gewissen Geschwindigkeit hervor, welche zu der Stärke des Drucks ein bestimmtes Verhältniß hat, so daß der entstehende Wasserstral a d, oder b e, oder c f ꝛc. eine halbe Parabel von be-

bestimmtem Parameter beschreibt (§. 159). In jedem Puncte der Seitenwand eines Gefäßes ist dieser Seitendruck gleich dem senkrechten Drukke einer Wassersäule nb, welche so hoch ist, als die Höhe ac des Wasserspiegels über dem Puncte c (fig. 44). Denn man mache in c eine Oeffnung, und setze eine Röhre dbn darin, so wird der Druck einer Wassersäule, deren Höhe bn = ac ist, diesen Seitendruck aufheben (§. 322).

Da eine Oeffnung allemal einen Flächenraum ausmacht, so muß, um den Seitendruck für eine Oeffnung zu bestimmen, die Höhe vom Mittelpunct der Masse der in der Oeffnung liegenden Wasserschicht (§. 238) bis zum Wasserspiegel, gerechnet werden (§. 240).

Segner's hydraulische Maschine oder Wasserrad. Barker's Mühle ohne Rad und Trilling.

§. 335.

Wie der Druck des eigenen Gewichts, so setzt auch jeder **andere Druck** auf einen liquiden Körper sich nicht allein nach der Richtung des Drucks, sondern nach allen Richtungen durch den ganzen Körper fort.

Man mache in die Seitenwand einer Spritze, oder in den Stempel selbst, Oeffnungen; wie der Stempel gegen den Boden geschoben wird, (die Spritze stehe senkrecht oder liege horizontal,) fährt das Wasser in Stralen zu den Seitenöffnungen, und selbst durch die Stempelöffnungen, also der Richtung des Drucks gerade entgegen, heraus.

§. 336.

Von der Fortsetzung des Drucks in liquiden Körpern nach allen möglichen Richtungen hängt die Bestimmung des **Druckes** eines liquiden Körpers **auf den** horizontal liegenden **Boden** des Gefäßes ab, in welchem er enthalten ist. Dieser Druck ist allemal gleich dem Drucke einer senkrechten Wassersäule, welche die obere Fläche des Bodens zur Grundfläche und die Höhe der Wassersäule zur Höhe hat: und der Druck des Wassers gegen den Boden des Gefäßes, in dem es enthalten ist, steht im zusammengesetzten Verhältnisse der Grundflächen und Höhen.

Bei einem (kylindrischen, prismatischen) Gefäße, das **von oben bis unten durchaus gleich weit** ist, versteht sich dieses von selbst, denn, bei gleicher Grundfläche nimmt die Wassermasse mit der Höhe, und bei gleicher Höhe mit der Grundfläche zu. Bei einem Gefäße, abcd (fig. 45.) das **oben weiter** und **unten enger** ist, drücken die Wassertheile cbf und dae nicht gegen den Boden, sondern nur gegen die Seitenwände, sie erhalten aber die mittlere kylindrische Wassersäule abfe in der Höhe ae, wie es feste Wände thun würden. Daher drückt die konische Wassermasse abcd so viel als die kylindrische abfe thun würde. Bei einem Gefäße abcd (fig. 46.), das **unten weiter** und **oben enger** ist, thun die Wände cb und da eben das, was nebenstehende Wassersäulen nbc und mad thun würden. Diese würden den Druck auf den Boden gar nicht vermehren, sondern nur die Wassermasse abcd in ihrer Höhe erhalten, wie es feste Wände thun. Daher drückt die

die konische Wassermasse a b c d so viel als die kylindrische a b n m thun würde.

§. 337.

Da das ruhende Wasser unter den (§. 322) bestimmten Bedingungen in den Schenkeln einer Röhre gleich hoch steht, wenn gleich die Schenkel von sehr verschiedener Weite sind; so ist klar (fig. 36.), daß eine kleine Wassermasse a b c d einer viel grösseren e f g h das Gleichgewicht halten kann. Man denke sich (fig. 42.) von der dickeren Wassersäule einen Theil M über b weggenommen, und statt desselben eine gleich grosse Masse (Gewicht) von anderer Art auf c b gesezt. Offenbar ist es einerlei, ob diese Masse M Wasser oder oder etwas anderes sey. So kann ein grosses Gewicht Eisen, Blei, ꝛc. durch eine kleine Wassermasse im Gleichgewicht erhalten, und wenn der leztern noch etwas weniges zugesezt wird, sogar gehoben werden.

Da in den beiden Schenkeln einer Röhre (fig. 42.) die beiden Wassersäulen, wenn sie gleich hoch sind, im Gleichgewichte stehen, so wird jede denkbare Wasserschicht c b in der weiten Röhre von der kleinen Wassermasse m der engen Röhre eben so stark aufwärts gedrückt, als der abwärts gerichtete Druck der grossen Wassermasse M betragen würde. Und eben so wird, wenn die weite Röhre e f c b gegen die enge m abgekürzt, und mit einem Deckel ꝛc. c b geschlossen wird, dieser von der kleinen Wassermasse m so viel aufwärts gedrückt, als er von der grossen Wassermasse M oder einem gleichen Gewicht andrer Art abwärts gedrückt werden würde.

In

In Wolff's anatomischem Heber (nützl. Versuche. I. Cap. 3. §. 58. Tab. IV. fig. 24.) ist die kurze weite Röhre efbc mit einer Blasehaut cb geschlossen, welche durch den aufwärts gerichteten Druck gespannt wird; in 's Gravesande's *Follis hydrostaticus* (*Phys. elem. math.* Genev. 1748. I. Lib. III. cap. 2. Tab. XLVII. fig. 5.) ist cb ein hölzerner Deckel, und die Seitenwände eb, fc, sind von Leder. Der Deckel wird, nachdem er mit Gewichten der Wassermasse, die in M Raum hatte, beschwert worden, durch den Druck von m so lange gehoben, (indem das Leder gespannt wird,) bis der Druck m mit dem Druck der Gewichte auf cb im Gleichgewichte steht.

§. 338.

Wenn (Tab. III. fig. 43.) ein Schenkel einer zweischenklichten in beiden Schenkeln nach oben offenen Röhre abcdef kürzer ist, als der andere, und in dem längern Schenkel abcd das Wasser höher steht, als die Mündung des kürzern Schenkels, so wird das Wasser aus f immerfort überlaufen, so lange bis es in ac zu der Höhe cg gesunken ist. Wenn aber die Oeffnung in f eng genug ist, so daß das ausschiessende Wasser vermöge seiner inneren Anziehung (§. 122. c.) einen zusammenhängenden Stral bilden kann, so steigt das Wasser in einem solchen Strale frei in die Höhe, fast so hoch über f hinauf, als die Höhe der Wassersäule ag, deren Druck diesen Wasserstral treibt. Darauf beruhet die Einrichtung der **hydrostatischen Springbrunnen**, in welchen man die Höhe der drückenden

Säule

Säule ag die **Druckhöhe**, die Höhe des steigenden Wasserstrals fm die **Stralhöhe** nennt.

Daß der Wasserstral nicht ganz die Höhe der treibenden Wassersäule ag erreicht, hat seinen Grund 1) in dem **Widerstande** der Luft (§. 306), weshalb ein solcher Springbrunnen in der Guerikischen Luftleere höher springt, 2) darin, daß die obersten Wassertheile, welche schon wieder anfangen zu fallen, den steigenden **entgegen drücken**, 3) in der **Anziehung** des Wassers zu dem Körper, welcher die Mündung bildet. Wegen des leztern Hindernisses erreicht der Stral eine größere Höhe, wenn die Mündung bloß von einer **durchlochten Platte**, als wenn sie von einer **Ansatzröhre** gebildet wird.

Von der **Richtung** der Mündung hängt es ab, ob der Stral **senkrecht** oder **schief** aufsteigt. Nur der senkrechte Stral erreicht jene Höhe, indem seine Geschwindigkeit ganz der Schwere entgegen wirkt, ein schiefer wird parabolisch (§. 160), wobei nur der Theil der Schwere entgegen wirkt, welcher als senkrecht zu betrachten ist. Doch kann eine sehr kleine Neigung des Strals ihm mehr Höhe verschaffen, weil dabei die zurückfallenden Wassertheile **neben** den Stral herabfallen.

Wenn man eine hohle Kugel von dünnem Messingbleche auf den Wasserstral legt, so wird diese von ihm getragen; er wird aber gerade um so viel niedriger, daß das Gewicht der fehlenden Wassermasse dem Gewicht der Kugel gleich ist.

§. 339.

Wenn der von der Schwere abhängende senkrechte Druck einer Wassersäule Bewegung bewirkt, so

so wächst die Geschwindigkeit des Wasserstrals in bestimmtem Verhältnisse mit der Höhe der drük-kenden Säule. **Sie verhält sich nämlich, wie die Quadratwurzel aus der Höhe des Wasserspiegels über der Oeffnung,** aus welcher der Wasserstral kommt, eben wie die Endgeschwindigkeit bei dem Falle (§. 150), indem der Druck des Wassers durch alle Schichten der Wassersäule eben so auf die unterste Schicht wirkt, als ob diese von der Höhe der Wassersäule herabgefallen wäre. Sie allein würde den Wasserstral in der Zeit, in welcher er vermöge der Schwere durch die Druckhöhe fallen würde, nun horizontal durch eine gerade Linie treiben, welche der doppelten Druckhöhe gleich wäre; weil aber die Schwere zugleich wirkt, so beschreibt der horizontal ausfahrende Wasserstral eine halbe **Parabel** (§. 159), deren Gestalt nach dem Verhältnisse jener Geschwindigkeit zur Schwere bestimmt wird. Wenn, wie beim Springbrunnen, das Wasser in einem steigenden Strale bewegt wird, so wird diese Geschwindigkeit geradezu durch die Schwere vermindert, und da diese in der gleichen Zeit den Wasserstral durch die Druckhöhe herabtreibt, so kann dieselbe (jene Hindernisse (§. 338) bei Seite gesetzt), nur die Druckhöhe erreichen (Ebend.).

§. 340.

Für die Erhaltung des Gleichgewichts des in zusammenhängenden Röhren stehenden Wassers ist es einerlei, ob die Röhren **senkrecht** oder **schief,**

gera-

gerade oder gebrochen sind. Aber nicht so, wenn der Druck des Wassers Bewegung, insbesondere das Aufsteigen eines Wasserstrals bewirken soll. Dann wird die Stralhöhe bei derselben Druckhöhe **am größten**, wenn die Röhre der drückenden Wassersäule **gerade** ist und **senkrecht** steht, bei einer schiefen kleiner, auch kleiner bei einer gebrochenen oder gekrümmten, überhaupt desto kleiner, je länger die Röhre der drückenden Wassersäule, je länger also der Weg ist, den jede Wasserschicht durch die Röhre zu machen hat; weil desto mehr Kraft auf die eigene Geschwindigkeit des drückenden Wassers verwandt wird, und diese dann an der Geschwindigkeit des Strales nothwendig abgeht.

* * *

Traité du mouvement des eaux et des autres corps fluides par Mr. Mariotte mis en lumiere par les soins de Mr. de la Hire. Paris 1686. 8. Uebers. unter dem Titel: Grundlehren der Hydrostatik und Hydraulik. Leipz. 1723. 8.

Dan. Bernoulli *hydrodynamica de viribus et motibus fluidorum commentarii.* Arg. 1738. 4.

Traité de l'equilibre et du mouvement des fluides par Mr. d'Alembert. Paris 1744. 4.

§. 341.

In **Haarröhrchen** (*Tubuli capillares*), deren Hohligkeit nicht weiter ist, als daß ein Pferdehaar darin Raum hat, auch noch in etwas weiteren, von $\frac{1}{20}''$, $\frac{1}{10}''$, — im Durchmesser, (welche in der

Phy-

Physik auch noch unter dem Namen Haarröhrchen mit begriffen werden,) stehen liquide Körper, welche zu der Materie des Röhrchens Anziehung haben, **höher**, als sie nach dem hydrostatischen Grundgesetze (§. 322) stehen sollten. Wenn ein solches Röhrchen mit der untern Mündung nur eben auf den Spiegel eines Liquidums gesetzt wird, so steigt das Liquidum in ihm beträchtlich auf; wenn der eine Schenkel einer zweimündigen aufwärts gebogenen Röhre ein solches enges Röhrchen, der andere aber weiter ist, (mehrere Linien in Durchmesser hat, so steht der liquide Körper in jenem höher), als in diesem; steht ein solches enges Röhrchen (oben und unten offen) in einem Liquidum, das in einem weiteren Behälter enthalten ist, so steht er in dem Röhrchen höher, als der (äussere) Spiegel liegt; wird es herausgezogen, so bleibt eine Säule des Liquidums von gewisser Höhe darin hängen. ꝛc.

Daß die Röhrchen auch **oben offen** sind, muß hier vorausgesetzt werden, weil ausserdem die im Röhrchen enthaltene gemeine Luft nicht ausweichen kann.

Auch, daß der liquide Körper vollkommen **flüssig**, nicht im mindesten dicklich oder zähe sey.

§. 342.

Der Grund dieser Erscheinung liegt offenbar in der **äussern Anziehung** (§. 195. 200) des liquiden Körpers zu der Materie des Röhrchens. Denn sie erfolgt nur dann, wenn diese grösser ist,

als

als die innere, (nämlich der Theilchen des liquiden Körpers unter einander,) wie sich auch in anderen Erscheinungen (§. 200. 205. 207. b.) offenbart.

Wasser und wäßrige liquide Körper steigen auf diese Weise in reinen Röhrchen von Glase, Stein, Holz ꝛc. aber nicht, wenn diese Röhrchen mit Fett bestrichen sind; Quecksilber nicht in Röhrchen von Glas, Stein, Holz ꝛc. aber in solchen von Zinn ꝛc.

Daß nicht etwa im Drucke der Luft, von dem auch nicht einzusehen ist, wie er hier wirken sollte, der Grund liege, erhellet daraus, daß unter der Luftpumpe die Erscheinung eben so erfolgt.

§. 343.

Vermöge dieser äusseren Anziehung steht nämlich Wasser ꝛc. in Röhren von Glase ꝛc. mit concaver Oberfläche, so daß rings um den Wasserspiegel ein erhabener Ring (Berg) entsteht. Ist das Röhrchen enge genug, so fliessen die einander gegenüber liegenden Theile des Berges vermöge der inneren Anziehung zusammen, so daß ein neuer höherer Wasserspiegel entsteht. Dann entsteht durch die äussere Anziehung ein neuer Wasserberg, durch die innere Anziehung ein neuer höherer Wasserspiegel u. s. f. bis die Anziehung des Wassers zum Röhrchen mit dem Gewichte der dadurch zu tragenden (nämlich der über dem Spiegel des anderen Schenkels oder des äusseren Behälters erhabenen) Wassersäule im Gleichgewichte steht (§. 122. c.).

Eben das gilt nun von Quecksilber ꝛc. in Zinn ꝛc. überhaupt unter der Bedingung, daß der liquide Körper zur Materie des Röhrchens Anziehung hat.

§. 344.

Je enger das Röhrchen ist, desto höher steigt das Wasser in demselben auf; desto grösser ist auch die Höhe, auf welcher es in demselben über dem Wasserspiegel stehen bleibt ꝛc. Bei übrigens gleichen Umständen **verhalten sich die Höhen** der durch die Anziehung in den Röhrchen erhobenen und stehenden **Wassersäulen umgekehrt, wie die Durchmesser der Röhrchen.** Man nennt diesen Satz das **Gesetz der Haarröhrchen.** Man nenne die Durchmesser der Röhrchen D und d (so daß D den grösseren Durchmesser bezeichnet), die dazu gehörenden Höhen H und h (so daß H die kleinere Höhe bezeichnet, weil sie zu D gehört). Die Anziehung in beiden Röhrchen gleich gesetzt, so daß sie gleich viel Masse (Gewicht) tragen kann, müssen sich die Höhen der Wassersäulen **umgekehrt** verhalten, **wie die Quadrate ihrer Durchmesser,** weil dann die **Massen** gleich sind:

$$H : h = d^2 : D^2$$

weil dann

$$H.D^2 = h.d^2$$

Jene Proportion läßt sich auch so ausdrücken:

$$H : h = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2}$$

Nun

Nun ist aber in der weiteren Röhre, die den Durchmesser D hat, die umgebende Fläche der Wassersäule, welche am Glase anliegt, im Verhältniß der Peripherie ihrer Grundfläche (also im Verhältniß ihres Durchmessers) grösser, wie die umgebende Fläche in der engern Röhre, welche den Durchmesser d hat. Daher ist in eben diesem Verhältnisse die Anziehung (extensiv) im weitern Röhrchen grösser (§. 196), kann also in eben diesem Verhältnisse mehr Masse tragen, und bewirkt in eben diesem Verhältnisse grössere Höhe:

$$H : h = D : d$$

Es ist also das Verhältniß der Höhen aus dem verkehrten des Quadrats der Durchmesser und dem geraden der Durchmesser zusammen gesetzt:

$$H : h = \frac{1}{D^2}.D : \frac{1}{d^2}.d$$

woraus

$$H : h = \frac{1.D}{D.D} : \frac{1.d}{d.d}$$

$$H : h = \frac{1}{D} : \frac{1}{d}$$

und

$$H : h = d : D$$

folgt.

Es seyn z. B. die Durchmesser D und d, 2 und 1, so verhalten sich, die Anziehung gleich gesetzt, die Höhen

$$H : h = 1^2 : 2^2 = 1 : 4$$

Weil

Weil aber in dem Röhrchen D die Berührungsfläche doppelt so groß ist, als in dem Röhrchen d, so ist

$$H : h = (1^2 . 2) : (2^2 . 1)$$

$$H : h = 2 : 4$$

$$H : h = 1 : 2$$

Auf die Länge der Röhrchen kommt nichts an, ausgenommen, insofern bei sehr feinen Haarröhrchen die darin enthaltene Luftsäule desto schwieriger weicht, je länger sie ist.

Um dieses Gesetz auch in der Erfahrung bestätigt zu finden, dienen parallel neben einander liegende Haarröhrchen von verschiedener Weite, auch zweischenklichte aufwärtsgebogene Röhren, deren einer Schenkel ein Haarröhrchen ist. An gefärbten oder undurchsichtig weissen liquiden Körpern sieht man die Säulchen besser, als an bloßem Wasser: für die sehr engen Röhrchen sind undurchsichtige dazu nöthig. Zur Abmessung dient ein senkrechtes weisses Brett mit einer Scale, auf welchem die Röhrchen befestigt sind.

§. 345.

Wenn ein Haarröhrchen kürzer ist, als die Höhe, bis zu welcher ein gewisses Liquidum nach Verhältniß seines Durchmessers in ihm steigen kann, so steigt das Liquidum doch nur bis zur obern Mündung des Röhrchens, fließt aber nicht über. Dies kann nicht geschehen, wenn der Grund des Steigens in der Anziehung liegt (§. 330).

§. 346.

Dieses Gesetz ist, da es sich a priori erweisen lässet, allgemein; allein es ist dabei zu verstehen, wenn

wenn einerlei Liquidum und einerlei Stoff der Röhre Statt findet. Denn Wasser und andere Liquida stehen nicht in allen Röhrchen von gleichem Durchmesser gleich hoch, sondern nach der **specifischen Anziehung** (§. 131. 197) in verschiedener Höhe, je nachdem das Liquidum oder die Materie des Röhrchens verschieden ist.

Selbst die kleinen Verschiedenheiten des Glases machen für einerlei Liquidum hier einen Unterschied.

Nach **Musschenbroek** (*introd. in philosoph. natural.* I. p. 373.) stiegen in Haarröhrchen von gleichem Durchmesser aus holländischem Flaschenglase:

Destillirtes Wasser auf	3″, 40 rheinl.
Kohlensaures Ammonium	4″, 56
Aetzendes Ammonium	3″, 60
Entwäss. Schwefelsäure	1″, 30
Gewäss. Schwefelsäure	3″, 25
—— Salpetersäure	2″, 07
—— Salzsäure	2″, 07
Alkohol	1″, 80
Liquor anodynus	1″, 40
Terpentinöl	2″, 58

Mit dem **specifischen Gewichte** steht die Höhe weder im geraden, noch im umgekehrten Verhältnisse.

§. 347.

Von diesem Gesetz der Haarröhrchen hängt es ab, daß liquide Körper in **porösen Körpern** von allerlei Gestalt aufsteigen, so daß diese, wenn sie nur mit einem sehr kleinen Theil ihrer Masse in das Liquidum eingetaucht sind, zu einer ansehnlichen Hö-

he von demselben durchdrungen und in ihren Poren angefüllt werden. Man nennt dieses oft **Einsaugen**; es muß aber von demjenigen Saugen, welches vermöge des Luftdrucks und verdünnter Luft geschieht, wohl unterschieden werden.

So steigt Wasser in Fließpapier, Badeschwamm 2c. Quecksilber in Zinn 2c. auf.

§. 348.

Wenn liquide Körper zu der Materie der Haarröhrchen 2c. so wenig Anziehung haben, daß diese äussere Anziehung schwächer ist, als die innere der Theilchen des liquiden Körpers unter einander, so steigen die liquiden Körper in den Haarröhrchen 2c. nicht allein nicht auf, sondern sie **stehen** in diesen sogar **niedriger**, als die entgegen drückende Säule (im andern weitern Schenkel einer zweischenklichten Röhre, oder im äussern Behälter), weil sie bloß durch den hydrostatischen Druck dieser Säule hineingetrieben werden.

Quecksilber geht in gläserne Haarröhrchen gar nicht hinein, wenn dieselbe nur mit ihrem untern Ende ein wenig in dasselbe eingetaucht werden. Wenn man die Röhrchen tiefer eintaucht, so wird es durch den Druck des Gewichts der äussern Quecksilbersäulen hineingetrieben, aber nicht bis zu der Höhe des äussern Quecksilbers, sondern **der Höhe des Quecksilbers ausser dem Haarröhrchen** über der Höhe des Quecksilbers im Haarröhrchen **verhält sich umgekehrt wie die Durchmesser der Haarröhrchen**. Die Erfahrung zeigt dieses Gesetz; es läßt sich aber auch a priori darthun.

Man

Man nenne, wie oben (§. 332), die Durchmesser der Röhren D, d, die Halbmesser R, r, die dazu gehörenden Höhen H, h.

Da, wenn das Quecksilber in den Haarröhrchen aufsteigen soll, die Cohäsion des Quecksilbers überwunden werden muß durch den hydrostatischen Druck des Quecksilbers, (welches die untere Mündung des Haarröhrchens umgiebt, oder im anderen weitern Schenkel einer aufwärts gebogenen Röhre steht,) so kommt es hier erstlich darauf an, wie **viel** Quecksilberatome zu trennen sind, um eine Q.säule von gewisser Dicke in das Haarröhrchen hinein zu drücken. Das Verhältniß ihrer Mengen hängt ab von dem Verhältniß der Peripherien der Grundflächen, also von dem der **Halbmesser**: in diesem Verhältnisse muß das drückende Quecksilber höher stehen. Es ist also

$$H : h = R : r$$

Es kommt aber fürs andere darauf an, wie **weit** diese Quecksilbertheilchen von der Axe der zu hebenden Q.säule entfernt sind, weil die Stärke der Anziehung sich umgekehrt verhält, wie das Quadrat der Entfernung. In dieser Rücksicht muß für das engere Röhrchen das drückende Q. höher stehen, und die Höhen des drückenden Q. müssen umgekehrt sich verhalten, wie die Quadrate der Halbmesser der zu hebenden Q.säulen

$$H : h = r^2 : R^2$$

oder

$$H : h = \frac{1}{R^2} : \frac{1}{r^2}$$

Demnach ist das Verhältniß der Höhe des drükkenden Quecksilbers aus dem geraden der Halbmesser und dem umgekehrten des Quadrats der Halbmesser der zu hebenden Q.säulen zusammen gesetzt:

$$H : h = \frac{1}{R^2}.R : \frac{1}{r^2}.r$$

$$H : h = \frac{1}{R} : \frac{1}{r}$$

$$H : h = r : R$$

und da die Durchmesser sich, wie die Halbmesser verhalten:

$$H : h = d : D$$

Es seyn z. E. die Halbmesser der Haarröhrchen R und r, 2 und 1, so verhalten sich, weil bei R doppelt so viel Q.theilchen zu trennen sind, die Höhen des drückenden Quecksilbers:

$$H : h = 2 : 1$$

weil aber die Theilchen an dem Umfang des weitern Röhrchens im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Halbmesser weniger mit den innern Theilchen der Q.säule zusammenhängen, so ist

$$H:h = (2.1^2) : (1.2^2)$$

$$H : h = 2 : 4$$

$$H : h = 1 : 2$$

Dasselbe Verhältniß zeigt sich bei geschmolzenen ~~bleiernen~~ und gläsernen Röhren (Gellert *phaenom. plumbi fusi*

in

in tubulis capillaribus in den *Comm. acad. Petrop.* XII. p. 243.) und, wenn jene Demonstration richtig ist, so muß sie freilich allgemein gelten. Nur macht Blei wegen der leichten Oxydation auf der Oberfläche einige Schwierigkeit der reinen Beobachtung.

* * *

Petr. van Musschenbroek *de tubis capillaribus vitreis* in s. *Diss. phys. exp.* L. B. 1729. 4. p. 271. Jos. Weitbrecht *tentamen theoriae, qua adscensus aquae in tubis capillaribus explicatur* in den *Comm. acad. Petrop.* VIII. p. 262. *Diss. sur la cause de l'elevation des liqueurs dans les tubes capillaires* par Mr. de la Lande. Paris 1770. 8. C. B. Funccii *diss. de adscensu fluidorum in tubis capillaribus.* Lips. 1773. 4.

§. 349.

In einem ruhig stehendem Wasser ist der Druck (§. 332) aller Theile gegen einander von allen Seiten gleichmäßig; ein jeder denkbare Wassertheil (er sey klein oder groß) drückt so viel gegen jeden anderen Wassertheil, als dieser gegen ihn (Tab. II. fig. 38.).

Man muß aber bei dieser Vergleichung nicht bloß den Druck des Wassertheils allein, sondern auch desjenigen Wassers rechnen, welches in der senkrechten Wassersäule, zu welcher er gehört, über ihm steht. Man denke sich in einem Wasser MNOP, wo man will, einen Wassertheil iklm; dieser wird mit dem Drucke jeder ausser seiner Säule liegenden Säule abcd aufwärts; mit dem Drucke des über ihm liegenden Rests seiner

Säu-

Säule efml und seinem eignen abwärts getrieben. Aber der Druck abcd ist gleich iklm + efml (§. 322). Er wird also eben so viel aufwärts, wie abwärts, getrieben. Eben so ist es bei dem Seitendrucke. Der Wassertheil iklm drückt sammt dem über ihm liegenden Wassertheile efml gerade so viel seitwärts gegen die anderen Wassersäulen, als diese, weil jede derselben so hoch ist, als die aus iklm und efml bestehende Wassersäule.

§. 350.

Da demnach ein Wassertheil eines ruhig stehenden Wassers in demselben nicht sinken kann, so ist in Rücksicht auf Bewegung **innerhalb** des Wassers sein Gewicht so gut, als aufgehoben. Eben das gilt von jedem anderen liquiden Körper, von einem Quecksilbertheile in Quecksilber, einem Oeltheile in Oel rc. (*Liquida non gravitant in propriis locis*).

§. 351.

Nun denke man sich statt eines Theils ikml in ruhig stehendem Wasser MNOP (fig. 38.) einen festen Körper, welcher genau das **gleiche specifische Gewicht**, mithin so viel absolutes Gewicht hat, als eine dem Volumen nach gleich grosse Quantität Wasser; dieser muß an jedem Orte in dem Wasser, in welchen er gebracht wird, ruhig stehen bleiben (**schweben**), und wenn er gestoßen wird, sich bloß vermöge der Trägheit, so gut auf- als abwärts, ohne alle Mitwirkung der Schwere, fortbewegen.

Ver-

Versuch an einem **Ei**, das in einer Salzsoole ruhig schwebt, welcher man durch die nöthige Quantität Salz genau das specifische Gewicht des Eies gegeben hat ꝛc.

(Anm. Das Wort **Wasser** steht hier und in allen fgg. Sätzen, wo nicht vom eigentlichen Wasser insbesondere die Rede ist, für **Liquidum** überhaupt.)

§. 351.

Wenn ein fester Körper iklm (fig. 38.) ein **grösseres** specifisches Gewicht hat, als Wasser, so wird er in demselben **sinken**. Denn da die Säule efki, deren Theil er ausmacht, durch ihn mehr absolutes Gewicht hat, als jede andere Säule abcd, von gleicher Dicke, die aus bloßem Wasser besteht, so muß sie sich erniedrigen, um mit abcd im Gleichgewicht zu seyn (§. 330). Wie sie das thut, so fließt über der sinkenden ef das Wasser zusammen und stellt den ebenen Wasserspiegel her. Dies dauert so lange, bis der Körper den Boden des Gefäßes erreicht hat und nicht weiter sinken kann.

§. 353.

Aber freilich kann er nicht mit seinem ganzen absoluten Gewichte (es heisse K) sinken, sondern, (da das Wasser seinen Druck nach unten ganz aufheben würde, wenn er nur so viel Gewicht hätte, als ein gleich grosses Volumen des Liquidums,) nur mit K—W (W bedeutet das Gewicht eines gleich grossen Volumens Wasser), d. h. **mit der Differenz seines Gewichts und des Gewichts eines gleich grossen Wasservolumens**, welche sein relatives Ge-

Gewicht heissen kann. Man setze die natürliche Schwere im leeren Raume gedacht = 1, so ist die Schwere des Körpers im Wasser, d. h. sein Bestreben im Wasser zu sinken

$$\frac{K-W}{K}$$

indem

$$K:K-W=1:\frac{K-W}{K}$$

Es ist daher eben so viel, als ob der Körper K eine geringere Schwere hätte, weil das kleinere Moment $K1-W1$ jezt eben sowohl alle Atome von K zu treiben hat, als vorher das ganze Moment K1. Es sey z. E. K (Schwerspath) = 4, W = 1, so ist die verminderte Schwere

$$4:4-1=1:\frac{4-1}{4}=\tfrac{3}{4}$$

d. h. der Körper wird mit der Geschwindigkeit $\frac{3}{4}.g$ (§. 151) sinken.

§. 354.

Wenn hingegen der Körper K ein **kleineres** spec. Gewicht hat, als Wasser, so wird er in demselben **steigen**, und zwar mit W—K. Denn da W grösser ist als K, so wird K—W eine negative Grösse:

$$-(K-W)$$

d. h. $-K+W$

oder $W-K$

Die Schwere des Körpers im Wasser ist dann nach §. 353. als **negativ** anzusehen.

Es

Es sey z. E. K (Föhrenholz) = $\frac{1}{2}$, so ist nach der obigen Proportion

$$\frac{1}{2} : \frac{1}{2} - 1 = 1 : \frac{\frac{1}{2} - 1}{\frac{1}{2}}$$

also die Schwere im Wasser

$$= \frac{-\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = -\frac{1}{1}$$

Das Holz wird mit der Geschwindigkeit $-\frac{1}{1}$.g sinken, d. h. mit $\frac{1}{1}$.g steigen.

§. 355.

Wenn ein solcher Körper ikml (fig. 38), der specifisch leichter, als Wasser ist, auf den Wasserspiegel eines ruhig stehenden Wassers gelegt wird, so wird er auf demselben **schwimmen**, d. h. auf dem Wasserspiegel liegen liegen, so daß ein Theil von ihm eingetaucht ist, der andere Theil über dem Wasserspiegel emporragt. Und wenn er, sey es noch so tief, unter Wasser getaucht wird, so wird er so lange steigen (§. 354), bis er den Wasserspiegel erreicht und eine bestimmte Emporragung erhalten hat.

Denn die Säule efki, in welcher der Körper sich befindet, kann, weil sie weniger absolutes Gewicht hat, als jede andere Säule abcd, die aus bloßem Wasser besteht, nicht anders mit dem übrigen Wasser im Gleichgewichte stehen, als wenn sie hinlänglich höher ist, wie diese. Daher wird sie, wenn der Körper unter Wasser ist, steigen, wie sie aber das thut, so wird das Wasser ef, sobald es nur anfängt sich über den übrigen Was-

serspiegel zu erheben, nach allen Seiten abfliessen; dieses Erheben und Abfliessen wird fortdauren, so lange, bis der Körper selbst so weit emporragt, daß die Säule, deren Theil er ausmacht, mit den übrigen in Gleichgewichte steht.

§. 356.

Dieses Gleichgewicht tritt ein, wenn das Wasser, welches der schwimmende Körper durch seine Eintauchung aus der Stelle treibt, so viel absolutes Gewicht hat als der ganze Körper. Denn nun ist es eben so gut, als ob an der Stelle, wo der Körper schwimmt, dasjenige Wasser wäre, welches die durch den Körper bewirkte Vertiefung ausfüllte, und sich, (seiner Natur nach,) genau im Wasserspiegel begränzte.

§. 357.

Wie viel ein im Wasser schwimmender Körper sich in das Wasser **eintauche**, wird ganz genau durch das Verhältniß **seines specifischen Gewichts zu dem des Wassers** bestimmt: denn diesem ist das Verhältniß **des Volumens seines eingetauchten Theiles zu seinem ganzen Volumen** gleich.

Das Wasser, welches der Körper aus der Stelle treibt, muß so viel absolutes Gewicht haben, als der ganze Körper (§. 356). Da nun bei gleichen absoluten Gewichten die Volumina sich umgekehrt verhalten, wie die specifischen Gewichte (§. 140), also wenn das specifische Gewicht des im Wasser schwimmenden Körpers s, sein Volu-

Volumen V, das spec. Gewicht des Wassers S, das Volumen des aus der Stelle getriebenen Wassers v ist

$$s : S = \frac{a}{V} : \frac{a}{v}$$

$$s : S = v : V$$

Nun ist aber das Volumen des **eingetauchten** Theils vom schwimmenden Körper genau dem des aus der Stelle getriebenen Wassers gleich, also = v; mithin verhält sich das Volumen des eingetauchten Theils vom schwimmenden Körper zu seinem ganzen Volumen, wie das spec. Gewicht des schwimmenden Körpers zu dem des Wassers.

Ein spec. schwererer Körper taucht daher im Schwimmen einen größeren Theil seines ganzen Volumens ein, als ein spec. leichterer, weil, wie s gegen S, auch v gegen V wächst.

Und derselbe Körper taucht sich in einer spec. leichteren Flüssigkeit tiefer ein, als in einer spec. schwereren: denn wie S gegen s abnimmt, so nimmt auch V gegen v ab, so daß v gegen V ein grösseres Verhältniß enthält.

§. 358.

Ein Körper, der specifisch schwerer ist, als Wasser, kann dennoch im Wasser schwimmen, wenn er mit einer hinlänglich grösseren Quantität eines anderen Körpers verbunden ist, welcher dagegen so viel specifisch leichter ist, als er selbst, daß das **mittlere spec. Gewicht** (§. 141. 58) **des ganzen Aggregats** doch kleiner ist, als eines gleich grossen Volumens Wasser.

Das Schwimmen eines **Bleigewichts**, das an einen im Volumen 20mal grössern **Kork** befestigt ist.

Das

Das Schwimmen der Schiffe, **Pontons**, überhaupt hohler Körper, vermöge der enthaltenen Luft: der **Menschen** vermöge angebundener aufgeblasener **Harnblase** oder **Kork**, der sich auf Schwimmkleidern befestigen läßt.

Das active **Schwimmen** (franz. *nager*) der **Menschen** und **Thiere**, in sofern es durch Arbeiten mit den Enden gegen das widerstrebende Wasser geschieht, gehört nicht hierher. Aber es hilft doch dabei, daß der thierische Körper vermöge der Luft in den Lungen und im Darmkanale im Ganzen nur ein wenig spec. schwerer ist, als Wasser, (1,111 : 1000) so daß er beinahe fähig ist, passiv zu schwimmen (*flotter*). Fette Menschen schwimmen ceteris paribus leichter. **Paolo Moccia** 2c.

Warum andere Säugthiere leichter schwimmen, als der Mensch? S. Bazin im Hamb. Mag. I. S. 327. Einige Vorsichtsregeln beim Baden.

Leichname Ertrunkener kommen vermöge des durch die Fäulniß in ihnen entwickelten Gas auf die Oberfläche des Wassers.

Archimedis περι των ὀχουμενων βιβλια β. *De insidentibus humido* libri II. In *Opp.* per Davidem Rivaltum. Paris 1615. fol. p. 487.

§. 359.

Ein Körper kann nicht anders schwimmen, als in der **Lage**, in welcher sein Schwerpunct senkrecht über dem Mittelpuncte des aus der Stelle getriebenen Wassers, liegt. Dieses Punct ist als Schwerpunct des aus der Stelle getriebenen Wassers anzusehen, indem, wenn gleich Wasser, als flüssig, eigentlich kein Schwerpunct haben kann, doch

der

der Druck des umgebenden Wassers von allen Seiten gegen dieses Punct gerichtet ist, und daher dieses Punct für den schwimmenden Körper von unten wirkend eben das ist, was bei einem aufgehangenen Körper das Aufhängepunct (§. 243) von oben. Man kann es das **Stützpunct** nennen. Daher wirft jeder Körper, auf dem seine Bewegung so leicht gestattenden Wasser schwimmend, sobald sein Schwerpunct nicht senkrecht über dem Stützpuncte liegt, sich, wie ein Hebel in jene Lage, indem sein Schwerpunct, eben, wie bei einem aufgehangenen Körper, herabsinkt. Hat der Körper eine solche Gestalt, daß sein Schwerpunct höher und tiefer über dem Stützpuncte liegen kann, so setzt sich der schwimmende Körper in diejenige Lage, in welcher sein Schwerpunct so tief als möglich liegt, indem, wenn es auch senkrecht über dem Stützpuncte, aber höher, liegt, beim geringsten Wanken des Wassers der Körper umschlägt.

§. 360.

Wenn zwei **flüssige Körper von verschiedenem spec. Gewichte** sich in einem Behälter befinden, so können sie nur dann im Gleichgewichte und mithin in Ruhe seyn, wenn sie dermaassen über einander stehen, daß der obere von dem unteren durch eine **horizontale** dem Spiegel (Niveau) parallele **Fläche** begränzt wird. Denn nur alsdann haben alle in dem obern Flüssigen denkbaren Säulen mit einander gleiche Höhe, und alle in dem untern

tern Flüssigen denkbaren Säulen ebenfalls gleiche Höhe (§. 322). Es könnte dabei das specifisch schwerere Flüssige oben, das specifisch leichtere unten stehen. Allein es ist nur in sehr engen Gefäßen (Röhren von etwa 1''' im Durchmesser) möglich, daß das spec. schwerere Flüssige von oben auf das spec. leichtere hinabfliesse, ohne daß dadurch die Gränzfläche eine beträchtlich schiefe Lage erhalte. Bei weiteren Gefäßen wird, wenn das spec. schwerere von oben hineinfließt, dieses nur an einer oder einigen Stellen auf das untere Flüssige fallen, und diese niederstoßen, ehe der ganze Spiegel desselben von jenem bedeckt ist; dadurch wird die Gränzfläche schief werden; dann werden diejenigen, in dem ganzen denkbaren, Säulen sinken, in denen der spec. schwerere Theil länger ist, als in anderen Säulen, dagegen die anderen steigen, und dieses Sinken und Steigen wird fortdauern, bis das ganze spec. schwerere Flüssige unten, das ganze spec. leichtere Flüssige oben steht, und beide durch eine horizontale Fläche von einander begränzt werden. Wenn drei flüssige mit einander in einem Gefäße sind, so findet diese Wirkung, wie zwischen dem ersten und zweiten, so auch zwischen dem zweiten und dritten Statt ꝛc. Und daher stehen (den Fall sehr enger Röhren abgerechnet) zwei, drei und mehrere flüssige Körper von verschiedenem spec. Gewichte in einem Gefäße nur dann ruhig, wenn der specifisch schwerste unten, der spec. leichteste oben steht, und die übrigen nach der Ordnung

nung

nung der Abnahme ihres spec. Gewichts von unten nach oben auf einander folgen.

Exempel an der sogenannten **Elementarwelt** der älteren Physiker, welche die Trennung der vier Elemente aus dem Chaos darstellen sollte: einer länglichten Flasche, in welcher Quarzsand, zerstossenes Kali (Oleum Tartari per deliquium), Spießglanztinctur und Chamillenöl enthalten sind. Schüttelt man diese Körper unter einander und hängt dann die Flasche ruhig hin, so setzen sich dieselben in der Ordnung, wie sie oben genannt sind, über einander.

Ein anderes an dem **Passevin**, einem gläsernen Kolben, den man mit Wasser füllt und umgekehrt in ein weites Gefäß stellt, welches ungefähr so viel leichten rothen Wein enthält, als der Kolben fassen kann. Das Wasser sinkt herab und der Wein steigt in den Kolben hinauf.

Daß die Körper sich nicht mit einander mischen, wird hier vorausgesetzt. Was dabei geschieht, davon unten im Kap. vom chemischen Processe.

§. 361.

Da ein Körper, in Wasser eingetaucht, nicht mit seinem ganzen Gewichte $=K$, sondern mit $K-W$ zu sinken strebt, (wenn W das absolute Gewicht eines gleich grossen Volumens Wasser bedeutet,) (§. 353) so **verliert er im Wasser** wirklich so viel von seinem Gewichte, **als ein gleich grosses Volumen Wassers wiegt.** Daher zeigt sich, wenn man einen Körper an einer Wagschaale hängend erst in der Luft wägt, dann so, daß er ganz in Wasser eingetaucht ist, nochmals wägt, daß man, um die

die Wage wieder ins Gleichgewicht zu setzen, von der andern Wageschaale soviel Gewicht abnehmen muß, als dasjenige Wasser hat, welches der eingetauchte Körper aus der Stelle treibt.

Um dies zu zeigen, muß man einen (z. E. bleiernen) **Kylinder** haben, der genau in ein (z. E. messingenes) **Eimerchen** paßt, damit man genau so viel Wasser abwägen kann, als dem Körper im Volumen gleich ist.

§. 362.

Eben das gilt von anderen liquiden Flüssigkeiten, **Salzsoole, Weingeist, Oel** ꝛc. Es folgt aus dem vorigen, daß ein Körper in einer Flüssigkeit von grösserem spec. Gewichte mehr verliert, als in einer von kleinerem.

Man sieht dies am augenscheinlichsten, wenn man zwei Körper von einerlei Materie, welche genau einerlei absolutes Gewicht, also auch einerlei Volumen haben, an beiden Schaalen einer hydrostatischen Wage aufgehangen in Flüssigkeiten von verschiedenem spec. Gewichte senkt.

§. 362.b.

Da auch die Luft dem Fall der Körper, obwohl viel weniger, als Wasser ꝛc. widersteht, so verliert ein Körper, auch wenn er, wie gewöhnlich, **in der** (gemeinen) **Luft** gewogen wird, so viel von seinem Gewichte, als die Quantität Luft wiegt, welche ihm in Volumen gleich ist. Daher sollte man, um das absolute Gewicht K eines Körpers genau zu haben, denselben entweder unter der Luftpumpe wägen,

oder

oder zu seinem in der Luft gefundenen Gewichte (K—L) so viel addiren als das Gewicht L eines gleich grossen Volumens Luft beträgt. Indessen beträgt bei Metallen, Steinen, Fleisch, dichterem Holz, Gewürzen, Caffe, Salzen, Zucker ꝛc. das L gegen das K im Gewichte so sehr wenig, daß man nicht nur im gemeinen Leben, (wo sowohl die Anwendung der Luftpumpe, als die Ausmessung des Volumens zu umständlich, oft gar nicht anwendbar seyn würden,) sondern selbst bey physikalischen Arbeiten das L aus der Acht lassen und (K—L) = K annehmen darf. Nur bei specifisch leichteren Körpern, z. E. Korkholz ꝛc. zeigt sich bei dem Wägen in der Luft und dem unter der Luftpumpe ein beträchtlicher Unterschied.

§. 363.

Daraus ergiebt sich ein bequemes Mittel das absolute **Gewicht** eines Kubikzolles ꝛc. **Wasser** zu finden. Bei der Anfüllung eines Maasses, dessen Hohligkeit genau einen Kubikzoll enthält, kann man leicht ein wenig fehlen. Man wäge aber einen genau gearbeiteten Kubikzoll von Messing erst in der Luft, dann im Wasser. Der **Gewichtsverlust** des Kubikzolles Messing (d. h. die Differenz zwischen seinem Gewichte in der Luft und seinem Gewichte im Wasser) ist aufs genaueste dem absoluten Gewichte eines Kubikzolles Wasser gleich.

Eben so bei anderen liquiden Körpern, Oel, Weingeist ꝛc.

Wenn diese Untersuchung Genauigkeit gewähren soll, so muß 1) der Kubikzoll äusserst genau gearbeitet seyn, welches viel Schwierigkeit hat, (weniger hat es einen Kylinder zu machen, der genau einen Kubikzoll Volumen hat, als einen eigentlichen Würfel;) 2) derselbe nicht durch Rost oder Putzen schon an Grösse verloren haben; 3) ist das Wasser so rein als möglich, reinlich gesammletes und dann sorgfältig destillirtes, zu nehmen.

Wolff (nützl. Versuche I. S. 12) fand durch Wägen des Wassers in einem hohlen Würfel das Gewicht eines **Rheinl. Kubikzolles**

495 Gran Med. Gewicht

Dieses giebt für den **Rheinl. Kubikfuß**

64 Pfund, 7 Unzen, 2 Drachmen (zu 16 Unzen,)

und für den Pariser Kubikfuß

71,5 Pfund Med. Gewicht.

Karsten (Anl. zur gemeinn. Kenntniß der Natur, Halle 1783. §. 42). fand nach der im §. angegebenen Methode das Gewicht eines **Rheinl. Decimalkubikzolles** Wasser

502 $\frac{11}{16}$ Gran Köllnisch

oder 492 $\frac{11}{48}$ Gran Med. Gewicht.

Demnach ist das Gewicht eines Rheinl. Kubikfußes Wasser

65 Pfund 14 Loth 2 Dr. 7,5 Gran Kölln.

64 Pfund 2 Loth 3 Dr. 2 Scrupel 9,5 Gran Med.

Nach **Langsdorf** (Grundlehren der mechan. Wiss. S. 71 4.) ist das Gewicht von einem **Pariser Kubikfuß** reinem Wasser

67,3 Pfund Nürnb.

oder 69,995 Pfund Paris.

Schmidt (phys. math. Abhandl. S. 96.) fand das Gewicht eines **Pariser** (Duodecimal) **Kubikzolles** Wasser bei 16° Reaum.

323 Gran Kölln.

also des Pariser Kubikfußes

72,675 Pfund Kölln.

Hr. Bergmechanicus **Studer** (Versuche über das wahre Gewicht des Wassers in **Gilbert's** Annalen der Physik. XIII. 1. S. 122) bestimmt nach einem von ihm selbst höchst genau gearbeiteten messingenem Pariser (Duodecimal) Kubikzolle das Gewicht eines **Pariser Kubikzolles** Wassers bei 12° Reaum. auf

330,94 Grán Köllnisch.

Nach einer Nachricht, welche er selbst mir mitzutheilen die Güte gehabt, verloren drei von ihm mit äusserster Sorgfalt gearbeitete messingene (Duodecimal) Kubikzolle bei 11° Reaum. in destillirtem Wasser

einer	5384	Richtpfennigstheile
der andre	5422	———
der dritte	5412	———
Mittelzahl	5406	———

Demnach ist das Gewicht eines **Pariser Kubikfußes** destillirten Wassers

$$= 12^3 . \frac{5046}{131072} = \frac{1728.5406}{131072}$$

$$= 71,27 \text{ Pfund Köllnisch.}$$

Diese Versuche noch zu vergleichen, löthete er sich aus Messingplatten einen Würfel zusammen, dessen Seite 3 Pariser Duodecimalzoll, dessen Kubikinhalt also 27'' war, und fand, daß er 2 Mark, 3 Loth, 2 1/4 Quentchen an seinem Gewicht verlor. Daraus ergäbe sich das Gewicht eines **Pariser Kubikfußes** dest. Wassers nur

70,920 Pfund Köllnisch.

§. 364.

Vorzüglich wichtig ist das Abwägen der Körper im Wasser zur Bestimmung des specifischen

Gewichts sowohl fester als flüssiger Körper, indem man nach einer sehr natürlichen und bequemen Regel das **Wasser** zum Maasse nimmt. Man wäge den festen Körper, dessen spec. Gewicht man finden will, erst in der Luft (§. 362. b.), dann in reinem (destillirten Regen-) Wasser ab und bemerke genau, wie viel er im Wasser am Gewichte verliert. Da dieser **Gewichtsverlust** dem **absoluten Gewichte** derjenigen Quantität **Wassers** gleich ist, welche dasselbe Volumen als der gegebene Körper (§. 361), und bei gleichem Volumen die specifischen Gewichte sich wie die absoluten verhalten, so hat man dadurch das Verhältniß des spec. Gewichts des gegebenen Körpers zu dem spec. Gewichte des Wassers s=1. Nennt man das absolute Gewicht des gegebenen Körpers P, seinen Gewichtsverlust im Wasser (d. h. das absolute Gewicht des im Volumen ihm gleichen Wassers) p, das spec. Gewicht des gegebenen Körpers S, so ist, s als Maaß = 1 gesetzt,

$$p : P = 1 : S$$

$$\text{also } S = \frac{P}{p}$$

d. h. man findet, wenn das spec. Gewicht des Wassers = 1 gesetzt wird, das spec. Gewicht des gegebenen Körpers nach diesem Maasse, **indem man das absolute Gewicht des Körpers durch seinen Gewichtsverlust im Wasser dividirt.**

Exempel: Ein Stück Schwerspath vom Iberge auf dem Harze wiegt in der Luft 138, im Wasser

107, so ist

$$p : P = s : S$$

$$31 : 138 = 1 : 4{,}392$$

Genau genommen sollte der Körper eigentlich im leeren Raume, wenigstens in der Guerikischen Leere der Luftpumpe abgewogen werden, um sein absolutes Gewicht zu finden. Indessen ist bei Körpern, welche im höheren Grade dicht sind, Metallen, Steinen, rc. der Unterschied des ganz frei sinkenden Gewichts und desselben in der Luft sinkenden so unbeträchtlich, daß man dies nicht nöthig hat. Aber bei Kork, Papier, u. d. g. spec. leichteren Körpern möchte es allerdings nöthig seyn, sie im ausgepumpten Recipienten der Luftpumpe zu wägen (§. 362 b.), wenn man nach dem §. 366. ihr spec. Gewicht finden will.

§. 365.

Wenn man den gegebenen Körper nicht anders, als in kleinen Körperchen, (Körner, Pulver rc.) haben kann, so wäge man erst ein kleines (gläsernes, messingenes —) **Eimerchen** in der Luft und im Wasser und bemerke seinen Gewichtsverlust = v. Man trockne das Eimerchen sorgfältig, schütte die Körner rc. hinein und wäge es sammt den Körnern in der Luft, so hat man, indem man das Gewicht des Eimerchens von der Summe abzieht, das absolute Gewicht der Körner = K. Man wäge nun das Eimerchen sammt den Körnern im Wasser, so hat man den Gewichtsverlust beider zusammen, = V, und dadurch den Gewichtsverlust der Körner

V — v. Dann ist das spec. Gewicht der Körner

$$\frac{K}{V - v}$$

§. 366.

Wenn der gegebene Körper **specifisch leichter** ist, als Wasser, so binde man ihn mit einem sehr zarten Faden, oder einem Pferdehaar an ein Stück Blei (oder anderes Metall) das gerade groß genug ist, um ihn mit sich in Wasser zu versenken. Man suche das Gewicht des Bleies ꝛc. in der Luft B und das im Wasser b, das Gewicht des Holzes (§. 362 b.) H, das Gewicht des Bleies und Holzes zusammen im Wasser m (= b + h), so hat man durch Abziehung des b von m das Gewicht des Holzes im Wasser h, also den Verlust des Holzes im Wasser = H — h.

Z. E.	in der Luft	im Wasser	Verlust
das Blei wiegt	B = 1235	b = 1116	119
das Holz wiegt	H = 27	(h = — 22)	(49)
Summe	1262	m = 1094	168

dann ist

$$\frac{H}{H - h} = \frac{27}{27 - (-22)}$$

$$= \frac{27}{49} = 0{,}551$$

§. 367.

Körper, welche im **Wasser auflöslich** sind und daher nicht im Wasser abgewogen werden können,

muß

muß man im stärksten Weingeiste, und wenn sie auch darin auflöslich sind, im Terpentinöle abwägen. Dadurch findet man das Verhältniß des spec. Gewichts des gegebenen Körpers K zum Terpentinöle O und (da das Verhältniß des spec. Gewichts des leztern zum Wasser W §. 369. gefunden werden kann, mittelbar) das Verhältniß des K zu W. Es sey z. E. K ein lockeres Holz,

$$K : O = 5 : 9$$
$$O : W = 9 : 10$$

so ist

$$K : W = 5 : 10$$

also $W = 1$ gesetzt, $K = \frac{1}{2}$.

§. 368.

Wenn **ein Körper aus zwei Materien von verschiedenem spec. Gewichte zusammengesezt ist,** deren jeder specifisches Gewicht bekannt ist, dann das absolute Gewicht des ganzen Körpers (durch Wägen in der Luft), und zugleich das spec. Gewicht des ganzen Körpers nach §. 364. bestimmt worden, so kann man aus diesen gegebenen Grössen **finden, wie viel von jeder der Materien der Körper enthalte.**

Man nennt dieses das Problem des Archimedes, weil **Vitruvius** (*de architectura*. IX. 3.) erzählt, daß Archimedes gefunden habe, wie viel Silber dem Golde einer Krone des Königs **Hiero** in Syrakus zugesetzt worden.

Das

Das absolute Gewicht des Goldes heisse M, das des Silbers m, das spec. Gewicht oder die Dichtigkeit des Goldes D, die des Silbers d, die Dichtigkeit der ganzen Krone $\mathfrak{D}$, das Volumen des Goldes V, das des Silbers v; so sey gegeben

$$M + m = 20 \text{ Loth}$$
$$D = 19{,}64$$
$$d = 10{,}55$$
$$\mathfrak{D} = 16$$
$$M = VD$$
$$m = vd \text{ (§. 55. 137. 138.)}$$

Also $M + m = VD + vd$

Es ist aber auch

$$M + m = (V + v) . \mathfrak{D} \text{ (Ebend.)}$$

Folglich

$$(V + v) . \mathfrak{D} = VD + vd$$

$$V + v = \frac{M + m}{\mathfrak{D}}$$

Man setze zur Abkürzung X statt V + v so ist

$$\mathfrak{D} = \frac{(X - v).D + vd}{X}$$

$$X\mathfrak{D} = (X - v).D + vd$$
$$X\mathfrak{D} = XD - vD + vd$$
$$X\mathfrak{D} - XD = vd - vD$$
$$X\mathfrak{D} - XD = v.(d - D)$$

$$\frac{X\mathfrak{D} - XD}{d - D} = v \quad \text{Also} \quad \frac{(\mathfrak{D} - D).X}{d - D} = v$$

$m = vd$ also auch

m =

$$m = \left(\frac{(\mathfrak{D}-D).X}{d-D}\right).d = \frac{(\mathfrak{D}-D).Xd}{d-D}$$

Nun setze man wieder V + v statt X:

$$m = \frac{(V+v).d.(\mathfrak{D}-D)}{d-D}$$

und da

$$V+v = \frac{M+m}{\mathfrak{D}} \text{ (S. oben.)}$$

$$m = \frac{\frac{M+m}{\mathfrak{D}}.d.(\mathfrak{D}-D)}{d-D}$$

Also

$$m = \frac{\frac{20}{16}.10{,}55.(16-19{,}64)}{10{,}55-19{,}64}$$

Zähler und Nenner mit — 1 multiplicirt:

$$m = \frac{\frac{20}{16}.10{,}55.(19{,}64-16)}{19{,}64-10{,}55}$$

$$m = \frac{\frac{5}{4}.10{,}55.3{,}64}{9{,}09} = \frac{48{,}0025}{9{,}09}$$

$$m = 5{,}2809$$

demnach betrug

das Silber 5,2809 Loth
das Gold 19,7191 ——

20,0000 ——

Die Auflösung dieses Problems ist indessen nicht so wichtig, als sie scheint, weil die Materien, wenn sie mit einander sich mischen, gemeiniglich ihre Dichtigkeit ändere, so daß die Gemische entweder dichter, oder minder dicht sind, als sie nach der Berechnung seyn sollten.

Man

Man findet daher durch eine solche Berechnung das Verhältniß nur ungefähr, und kann Genauigkeit nur von der chemischen Analyse erwarten.

§. 369.

Um das specifische Gewicht eines **liquiden Körpers** L im Verhältniß zu dem des Wassers s zu finden, wäge man einen festen Körper K (einen Glaskylinder mit gläsernem Henkel) in der Luft und dann in reinem Wasser und bemerke seinen Gewichtsverlust p, als das absolute Gewicht derjenigen Quantität reinen Wassers, welche im Volumen dem Körper K gleich ist. Man wäge denselben Körper K in dem gegebenen liquiden Körper L ab, und bemerke seinen Gewichtsverlust P, als das absolute Gewicht derjenigen Quantität des liquiden Körpers L, welche demselben Körper K im Volumen gleich ist. Da nun nach §. 139.

$$p : P = s : L$$

so ist, s = 1 gesetzt,

$$L = \frac{P}{p}$$

Exempel: der Glaskylinder K verliert in dem reinen Wasser 735, in einer Salzsoole 774, so ist

$$p : P = s : L$$

$$735 : 774 = 1 : 1{,}053$$

Das spec. Gewicht des Quecksilbers kann man so nicht finden, weil Glas, Eisen, auf dem Quecksilber schwimmen, Gold und Platina aber von demselben angegriffen werden.

Man

Man muß es nach §. 365. finden, indem man es in ein gläsernes Eimerchen gießt.

§. 370.

Zu dem Wägen fester Körper im Wasser und anderen liquiden Flüssigkeiten dient die **hydrostatische Wage**, eine sehr genau gearbeitete und sehr empfindliche Wage (S. oben S. 159 nach §. 246.), deren Wagschaalen, jede (oder wenigstens eine) an ihrer unteren Fläche einen Haken haben, an den man den zu wägenden Körper aufhängen kann. Damit der Körper ganz eingetaucht werden könne, muß er an einem zarten leinenen Faden, oder noch besser an einem Pferdhaare (welches nicht so leicht Feuchtigkeit annimmt und fast das spec. Gewicht des Wassers hat,) aufgehangen werden. Die Wage muß so hoch hängen, daß unter ihre beide Wagschaalen hinlänglich hohe Gefäße, die Flüssigkeiten zu enthalten, gestellt werden können, und die Aufhängung der Gabel oder Scheere so eingerichtet seyn, daß die ganze Wage genug in die Höhe gezogen und herabgelassen werden kann. Unter einer Wagschaale (nur in gewissen Fällen unter beiden) muß ein kylindrisches (der Durchsichtigkeit halber gläsernes) Gefäß stehen, das Wasser oder die andere Flüssigkeit zu enthalten.

An Brisson's hydrostatischer Wage ist es bequem, daß diese gläsernen Gefäße unten in einen messingenen kylindrischen Fuß so eingekittet sind, und dadurch unten mit einem in der Mitte stehenden kylindrischen Gefäß, das von Messingblech seyn kann, so zusammenhängen, daß man

man sie durch Eingiessung in dieses mittlere Gefäß füllen und durch Ablassung aus diesem mittelst eines am untern Ende desselben befindlichen Zapfens ausleeren kann.

Einige Cautelen die Temperatur ꝛc. betreffend, s. am Ende des Kapitels.

§. 371.

Einfacher als die eigentlichen hydrostatischen Wagen, und leichter ohne Gehülfen zu behandeln sind die **Dichtigkeitsmesser** (*Araeometra*) welche zunächst dazu dienen, das spec. Gewicht **liquider** Körper zu finden. Ein solches Werkzeug ist ein länglichter und dabei rundlicher Körper, welcher so eingerichtet ist, daß er vollkommen senkrecht schwimmen und in solchen Flüssigkeiten, zu deren Prüfung er bestimmt ist, nur zum Theile sich einsenken kann. Es ist am besten von Glase, weil dieses am leichtesten sich reinigen lässet und von Säuren ꝛc. nicht angegriffen wird: für Mineralwässer, Bier, Branntwein ꝛc. kann man auch messingene, besser silberne, gebrauchen. Damit es schwimmen könne, wird ein Theil desselben (der **Bauch**) von kylindrischer oder kuglichter Gestalt, weit genug hohl, gemacht. Damit es senkrecht schwimme, hat der Bauch unter sich ein kleineres Behältniß (den **Senker**), in welchem sich genug Bleischrot oder Quecksilber befindet, um den Schwerpunct des Werkzeugs tief genug nach unten zu bringen. Nach oben geht aus der Axe des Bauchs eine sehr dünne kylindrische glatte Stange (der **Hals**)

aus,

aus, an welchem die Gränze (**Zeichen**) bemerkt wird, bis zu welchem das Werkzeug sich einsenken muß. Sein absolutes Gewicht muß etwas kleiner seyn, als das eines gleich grossen Volumens der leichtesten Flüssigkeit, die mit ihm soll geprüft werden können, damit es auch in dieser nicht ganz untersinke, aber etwas grösser, als das eines Volumens derselben Flüssigkeit, welches dem Volumen seines Bauchs und Senkers, ohne den Hals, gleich ist, damit es doch bis zum Halse sich einsenken müsse. Zu diesem Ende muß das untere Behältniß bei der Verfertigung so lange offen bleiben, bis man durch Versuche gefunden hat, wie viel Bleischrot oder Quecksilber in dasselbe gethan werden müsse, um es hinlänglich einzusenken.

Mängel der Aräometer gegen die eigentlichen hydrostatischen Wagen.

§. 372.

Man hat zweierlei Arten Aräometer. Ein Aräometer der **ersten** Art heißt Aräometer **mit veränderlichem Gewichte**, oder **ohne Scale**. Es hat am obern Ende des Halses einen concaven **Teller**, auf den man mehr oder weniger Gewichte legen kann. Da das ganze Aräometer (d. h. sammt den auf ihm liegenden Gewichten) so viel wiegt, als das Wasser, welches es aus der Stelle treibt, so muß man destomehr Gewichte auf dasselbe legen, um es bis ans Zeichen einzusenken, je grösser das spec. Gewicht der Flüssigkeit ist, und die spec. Ge-

wichte zweier Flüssigkeiten verhalten sich, wie die absoluten Gewichte des Aräometers, welches bis zum Zeichen sich in sie eintaucht (§. 139).

Von dieser Art ist **Ciarcy's** allgemeines Aräometer, aus einer Glasröhre geblasen. Sein Bauch ist ein weiter birnförmiger Behälter, (bloß mit Luft gefüllt,) welcher an seinem untern Pole durch einen dünnen Glasstab mit dem Senker zusammenhängt, und auf einer dünnen Stange (**Hals**), die aus seinem obern Pole ausgeht, einen flachconcaven **Teller** trägt. Bei der Verfertigung bleibt der Senker anfangs an seiner untern Spitze offen: man gießt durch die Oeffnung Quecksilber in denselben, bis das ganze Instrument 700 Gewichtseinheiten (halbe Grane) wiegt, (weil wir keinen liquiden Körper kennen, der ein kleineres spec. Gewicht als 700 hätte, das des Wassers zu 100 gesetzt,) und richtet seine Weite und Länge so ein, daß es mit 300 Einheiten auf seinem Teller beschwert, also 1000 wiegend, in reinem Wasser bis an ein gewisses am Halse angebrachtes **Zeichen** (Emailleknöpfchen) einsinkt. Dann wird die Spitze des Senkers zugeschmolzen. Wenn man nun das spec. Gewicht eines liquiden Körpers untersuchen will, so senkt man das Werkzeug in denselben, und legt auf den Teller nach und nach so viel Gewicht, bis das Werkzeug bis an das Emailleknöpfchen einsenkt. Das absolute Gewicht des ganzen Aräometers, (nämlich sammt der Beschwerung,) zeigt geradezu das spec. Gewicht des liquiden Körpers an, das des Wassers zu 1000 gesetzt. Weil aber ein Aräometer, das nur 700 wiegt, auf seinem Teller höchstens 500 Beschwerung verträgt, (so daß es 1200 wiegt,) ohne daß der Schwerpunct zu hoch zu stehen kommt, so muß man für spec. schwerere Flüssigkeiten ein zweites Aräometer haben,

wel-

welches allein 1200 wiegt, und bis 2000 beschwert werden darf. Beschreibung eines sehr bequem eingerichteten allgemeinen Aräometers von **C. G. Schmidt** in Grem's Journal der Physik VII. S. 186.

Wenn vorher durch genaue Versuche bestimmt worden, wie groß das spec. Gewicht einer Salzsoole von so und so viel Löthigkeit sey, eines Branntweins, der so und so viel Alkohol hält, ꝛc. so kann mit einem solchen allgemeinen Aräometer auch ihre **Stärke** d. h. ihr Gehalt an derjenigen Materie geprüft werden, von welcher ihre Wirksamkeit und ihr Werth abhängt. So zeigt z. E. das oben (§. 369) gefundne spec. Gewicht 1,053 einer Soole an, daß sie achtlöthig sey (d. h. in 100 Loth Soole 8 Loth Kochsalz halte).

Bei dem Gebrauche dieses Werkzeuges muß man sich sehr hüten, nicht zu viel Beschwerung aufzulegen, damit es nicht bis an den Teller einsinke. Sobald es bis an den Teller einsinkt, behält auch, nachdem die übermäßige Beschwerung abgenommen worden, das Aräometer vermöge des am Teller hängenden Wassers zu viel absolutes Gewicht und man muß daher es erst ganz herausnehmen und abtrocknen, ehe man weiter fortfährt.

§. 373.

Ein Aräometer der **andern Art, mit unveränderlichem Gewichte** oder Aräometer **mit Scale** wird immer allein, ohne fremdes Gewicht eingesenkt, und hat daher auf seinem Halse keinen Teller. Da bei gleichem absoluten Gewichte die specifischen Gewichte zweier Körper sich umgekehrt verhalten, wie die Volumina (§. 140), und das Aräometer sich so tief einsenken muß, daß die aus der Stelle getrie-

getriebene Flüssigkeit seinem absoluten Gewichte gleich ist, so wird es sich in einen spec. leichteren Körper tiefer einsenken, als in einen spec. schwereren. Bemerkt man an dem Halse des Aräometers die Stellen genau, bis zu denen es sich in zu diesem Zweck ausgesuchte oder zubereitete Flüssigkeiten von 1,000, 1,010, 1,020, 1,030 u. s. w. spec. Gewicht einsenkt, so erhält man eine abgetheilte Linie (Scale), an der man nachher die spec. Gewichte gegebener Flüssigkeiten messen kann.

Man kann sich die zur Verfertigung des Aräometers dienenden Flüssigkeiten durch Auflösung eines Neutralsalzes in Wasser bereiten. Am besten dienen dazu solche Salze, welche sehr wenig Wasser zur Auflösung erfordern, z. E. der salzsaure Kalk, damit man sehr hohe specifische Gewichte erreichen könne. Es versteht sich, daß man die specifischen Gewichte derselben vorher nach §. 369. mit der eigentlichen hydrostatischen Wage bestimmt, indem man zu einer schon ungefähr das verlangte spec. Gewicht habenden Auflösung wechselsweise reines Wasser zugießt und Salz zusetzt, bis man genau das verlangte spec. Gewicht getroffen hat.

Abstände in der Scale von 1/4 bis 1/2 Zoll bestimmt man unmittelbar durch Versuche; diese theilt man nachher besser geometrisch in kleinere Theile, weil man bei diesen, wenn man gleich nimmt, weniger fehlen kann, als bei dem Visiren auf dem Wasserspiegel und selbst bei dem Zubereiten der Flüssigkeiten zur Erreichung des verlangten spec. Gewichts.

Da der Hals eines Aräometers nicht zu lang seyn darf, wenn der Schwerpunct tief genug liegen soll, daß es senk-

senkrecht schwimme, so muß man für eine lange Reihe verschiedener spec. Gewichte z. E. von 0,700 bis 2,400 mehrere Aräometer haben. Dem ersten giebt man so viel absolutes Gewicht, daß es in Flüssigkeiten von 0,700 spec. Gewicht bis nahe an das obere Ende des Halses, in Flüssigkeiten von 1,000 bis nahe an das untere Ende des Halses sich einsenkt; dem zweiten so viel, daß es in Flüssigkeiten von 1000 bis nahe an das obere Ende des Halses sich einsenkt, in Flüssigkeiten von 1,300 bis nahe an das untere Ende des Halses, u. s. w.

Um die **Stärke** (§. 372. Note) liquider Körper zu prüfen, ist es bequem, die eigentlich dazu bestimmten Aräometer auf bestimmte Arten derselben einzurichten. So macht man die **Alkoholometer** und **Branntweinswagen**, indem man Gemische aus 95 Theilen vollkommen wasserfreien Alkohols und 5 Theilen reinen Wassers, aus 90 Theilen reinen Alkohols und 10 Theilen reinen Wassers u. s. w. macht; dann bemerkt, wie weit das Alkoholometer in jedes dieses Gemische sich einsenkt, darnach die Abtheilungen von 5 zu 5 Procent bestimmt, und die kleineren Abtheilungen geometrisch macht. Das erste Alkoholometer richtet man auf 0 (d. h. reines Wasser) bis 50 Procent Alkohol, das zweite auf 50 bis 75, das dritte auf 75 bis 100 Procent Alkohol (d. h. reines Alkohol) ein. S. **Richter** über die spec. Gewichte von Flüss. welche aus Wasser und Weingeist bestehen, in **Crell's** chem. Annalen 1795. II. 7. S. 17. **Schmidt's** Beurtheilung in **Gren's** n. Journ. d. Phys. III. 2. S. 1. und **Richter** dagegen eb. III. 3. S. 315. Eben so macht man die **Salzspindeln**, indem man einlöthige, zweilöthige, — Soolen, (d. h. welche in 100 Loth Soole 1 Loth, 2

Loth ꝛc. Kochsalz halten) bereitet, in diese das Aräometer senkt, und bemerkt, wie weit sein Hals in der einlöthigen, zweilöthigen Soole sich eintaucht. ꝛc.

§. 374.

Für sehr kleine Quantitäten liquider Körper dient ein **Mikroaräometer**, welches wie ein Aräometer der zweiten Art gestaltet ist, aber einen hohlen einige Linien im Durchmesser habenden Hals hat. Man füllet den hohlen Hals bis zu einer bestimmten Höhe mit liquiden Körpern von verschiedenem spec. Gewichte an, und bemerkt an der Scale jedesmal die Stelle, bis zu der das Aräometer sich in reines Wasser einsenkt, mit den bezeichnenden Zahlen. Wenn dann eine gegebene Flüssigkeit geprüft werden soll, so füllet man den (vorher wohl gereinigten und getrockneten) Hals mit derselben bis zu einer bestimmten Höhe an. So zeigt die Zahl der Stelle, bis zu welcher das Werkzeug sich einsenkt das spec. Gewicht des liquiden Körpers an.

v. Arnim's Mikroaräometer. **Gilberts** Annalen der Physik. I. 4. S. 418.

§. 375.

Das Aräometer der ersten Art kann auch dazu eingerichtet werden, das spec. Gewicht **fester** Körper zu finden, indem man nämlich auch die obere Fläche des unter dem Luftbehälter hängenden Gewichtsbehälters tellerförmig bildet, oder diesem Behälter die Gestalt eines konischen Eimers giebt, so daß man einen Körper hineinlegen kann.

Ni-

Nicholson's Aräometer, am besten von Messingblech. Sein (kylindrischer) Bauch muß weit genug seyn, daß das Ganze im Wasser schwimmen kann: in den nach unten konisch zulaufenden noch unten offenen Senker schütte man so viel Bleischrot, als nöthig ist, daß das Werkzeug bis nahe an den Hals sich einsenke; dann löthe man die Spitze zu. Man mache ungefähr in der Mitte des Halses ein Zeichen, und bemerke, wie viel Gewicht (P) man auf den Teller legen muß, damit das Werkzeug bis an das Zeichen sich einsenke. Um das absolute Gewicht eines festen Körpers zu finden, lege man denselben auf den Teller des schwimmenden Werkzeugs, und bemerke, wie viel Gewicht (p) man noch zulegen muß, damit das Werkzeug sich bis an das Zeichen einsenke. Das absolute Gewicht des Körpers A ist = P — p. Nun lege man den Körper auf den Senker des Aräometers: da er im Wasser so viel von seinem Gewichte verliert, als ein gleich grosses Volumen Wasser wiegt (§. 361), so hat man nun mehr Gewicht (𝔭) zuzulegen nöthig, um das Werkzeug bis an das Zeichen einzusenken. Das Gewicht des Körpers im Wasser (a) ist = P — 𝔭, und der Gewichtsverlust des Körpers im Wasser ist = A — a. Folglich ist das spec. Gewicht des Körpers, das des Wassers = 1 gesetzt,

$$= \frac{A}{A-a} = \frac{P-p}{(P-p)-(P-\mathfrak{p})}$$

Beschreibung eines sehr bequemen Instruments zur Bestimmung des spec. Gewichts der Mineralien von Herrn **Haüy** in **Gren's** Journal der Phys. V. S. 502.

§. 376.

Bei der Untersuchung des specifischen Gewichts durch Abwägen fester Körper im Wasser rc. ist eine

wesentliche Bedingung, die **Wärme** des Wassers ꝛc. durch ein Thermometer recht genau zu bestimmen, und alle Körper, deren spec. Gewichte mit einander verglichen werden sollen, in einem und demselben Wärmegrade abzuwägen, weil alle Körper durch die Wärme ausgedehnt werden, (also ein geringeres spec. Gewicht erhalten (§. 140)), liquide Körper aber schneller und mehr durch die Wärme ausgedehnt werden, als feste. Aräometer müssen für eine gewisse bestimmte Wärme verfertigt werden und eben diese muß man jedesmal dem Körper geben, welchen man mit denselben untersucht.

§. 377.

Eine andere wichtige Cautel besteht darin, daß man die, dem ins Wasser ꝛc. eingesenkten Körper (so auch dem Aräometer), anhängenden **Luftblasen** wegschaffe, indem diese durch ihr sehr kleines spec. Gewicht das des Körpers scheinbar geringer machen, weil hier nicht das bloße spec. Gewicht des Körpers, sondern das mittlere (§. 58. 141) des Körpers und der Luftblasen zusammengenommen erscheint (§. 358).

Dieses ist vorzüglich bei sehr kalten Mineralwässern in Acht zu nehmen. Taucht man in ein solches Wasser einen Glaskylinder, welcher beträchtlich wärmer ist, als das Wasser, so entwickelt die Wärme desselben aus dem Wasser kohlensaures Gas, welches dann in vielen Bläschen an dem Kylinder hängend denselben viel leichter macht, so daß das Mineralwasser specifisch schwerer scheint, als es ist. Man muß den Kylinder erst so lan-

ge in dem Wasser stehen lassen, bis er eben so kalt ist, als das Wasser, ehe man ihn zum Wägen anwendet.

Von Hölzern, die beträchtlich grosse Poren haben, vorzüglich Nadelhölzern, kann man das spec. Gewicht nicht leicht genau finden. Sind sie ganz trocken, so findet man eigentlich nur das mittlere Gewicht des Holzes sammt der in ihm enthaltenen Luft, und durch Einwässern wird nicht leicht alle Luft, nach Umständen mehr oder weniger herausgetrieben. Um das spec. Gewicht zweier Hölzer so genau, als möglich, zu vergleichen, sollte man sie mittelst eines Gewichts ganz in reinem Wasser untertauchen und dann entweder unter der Luftpumpe oder durch Erhitzung die Luft wegschaffen. Nur schade, daß dann das Wasser Extractivstoff ꝛc. aus dem Holze, aus einem mehr, aus dem andern weniger ausziehen kann.

Von andern Schwierigkeiten der Aräometer s. **Hassenfratz's** Abh. von der Aräometrie in den *Annales de Chimie*. XXVI. p. 3. 132. 188. im Ausz. übers. in **Crell's** chem. Annalen. 1799. I. S. 394. 478. II. S. 29. 349. **Schmidt's** Bemerk. dagegen in **Gilbert's** Annalen der Physik. IV. 2. S. 194.

§. 378.

Uebrigens versteht sich von selbst, daß die Aräometer, einzusenkende Kubikzolle, ꝛc. ganz **rein** und wenn sie in etwas anderes als bloßes Wasser eingesenkt werden sollen, auch ganz **trocken** seyn; daß man bei Untersuchung des spec. Gewichts gewisser Stoffe allemal diese sich so **rein** als möglich zu verschaffen suche ꝛc. Die Hälse der Aräometer muß man bis über die Gränze, bis zu welcher sie einsinken

ken sollen, untertauchen, damit die Adhäsion der Luft an dem Halse das Sinken nicht hindere (§. 202).

* * *

Carl Christian Langsdorf Lehrbuch der Hydraulik. Altenb. 1794. 4. Fortsetzung. Ebend. 1796. 4.

Anhang

zum §. 364.

Verzeichniß des specifischen Gewichts

einiger besonders merkwürdiger oder öfter im Gebrauch vorkommender Stoffe: das des Wassers = 1,000 gesetzt. Temperatur 10° Reaumür.

Metalle.

Platina gehämmert	21,069
Gold gehämmert	19,361
—— gegossen	18,258
Silber gehämmert	10,510
gegossen	10,474
Quecksilber	13,674
bis	14,110
Blei	11,352
Zinn von Banca	7,216
von Malacca	7,296
von Cornwall	7,297
Kupfer gegossen	7,788
zu Drath gezogen	8,878
Japanisches, gegossen	8,726
geschmiedet bis	9,000
Eisen, Roheisen	7,207
Schmiedeeisen	7,788

Schmie=

Schmiedeeisen schwedisches		7,765
Stahl		7,810
	bis	7,833
Nickelmetall geschmolzen		8,279
gestreckt		8,666
Koboltmetall		7,811
Zink		7,215
Wismuth		9,832
Spießglanzmetall		6,702
Arsenikmetall		8,308
Uranium		6,040
Wolframmetall		6,823
Molybdänmetall		6,963
Tellur		6,115
Erze.		
Schwefelkies		4,789
	bis	4,912
Kupferkies		3,800
	bis	4,158
Zinnober		7,838
	bis	8,002
Bleiglanz		7,220
Spießglanz		4,700
	bis	4,858
Andere brennbare Stoffe.		
Demant		3,521
	bis	3,654
Plumbago		1,860
Steinkohle		1,270
	bis	1,500
Holzkohle		0,280
	bis	0,441
Bernstein		1,065
	bis	1,110

Asphalt		1,203
	bis	1,744
Bergöl		0,854
Naphtha (natürl.)		0,708
Naphtha (künstl.)		0,716
Schwefel		1,800
	bis	2,033
Phosphor		1,714
Alkohol		0,791
Wein		0,916
	bis	1,039
Aetherische Oele		0,893
	bis	1,094
Fette Oele		0,853
	bis	0,966
Kampher		0,988
Mastix		1,074
Copal		1,139
Federharz		0,933
Steine.		
Schwerspath		4,300
	bis	4,800
Witherit		4,338
Kreite		2,315
Marmor		2,716
	bis	2,837
Gyps		1,872
	bis	2,310
Speckstein		2,727
Töpferthon		1,800
	bis	2,000
Feldspath		2,600
Basalt		2,864
	bis	2,880

Quarz

Quarz (Bergkrystall)		2,654
Feuerstein		2,594
Rubin		4,283
Sapphir		3,994
Smaragd		2,775
Topas Brasil.		3,536
——— Sächs.		3,564
Zirkon		4,475
Demantspath		3,710
Chrysolith		4,340
	bis	3,410
Beryll		2,683
Chrysoberyll		3,710
Glas		2,488
	bis	2,892
Flintglas		3,329
Salze.		
Rochsalz		1,918
——— Steinsalz		2,143
Salpeter		1,900
Glaubersalz		2,246
Alaun		1,714
Borax		1,720
Weinstein roher		1,849
——— gemeiner		1,900
Zucker weisser		1,606
Schwefelsäure Vitriolöl		1,700
	bis	2,000
Salpetersäure, rauchende		1,584
Salzsäure, rauchende		1,194
Salmiakgeist, ätzender		0,897
Hölzer.		
Korkholz		0,240
Tannenholz		0,550

Lin-

Lindenholz		0,604
Birnbaumholz		0,661
Erlenholz		0,800
Eschenholz		0,734
Eichenholz		0,929
	bis	1,666
Buchenholz		0,852
Mahagonyholz		1,063
Ebenholz		1,209

* * *

Musschenbroek *introd. ad philos. natur.* II. §. 1417. *Pesanteur specifique des corps* par Mr. Brisson. Paris 1787. 8. Uebers. von **Joh. Georg Christoph Blumhof.** Leipz. 1795. 8.

Neun=

Neuntes Kapitel.

Von der Bewegung der Luft.

§. 379.

Gewisse Erscheinungen, die uns täglich begegnen, und noch mehr gewisse physikalische Untersuchungen zeigen uns, daß unsere Erde auf eine sehr beträchtliche Höhe mit einem flüssigen Körper umgeben sey, den wir die **Luft** nennen.

Der Wind. Die Wolken. Der Blasebalg ꝛc. Die Tauchergloсke ꝛc.

§. 380.

Neuere Untersuchungen haben gelehrt, daß durch chemische Processe gewisse flüssige Materien aus festen oder liquiden Körpern entwickelt oder eigentlich erzeugt werden können, theils auch in der Natur, (über verwesenden Stoffen, Sümpfen, in Höhlen, ꝛc.) schon fertig gefunden werden, welche zwar durch specifike Eigenschaften sich von einander und von jener Luft unterscheiden, aber doch die grosse Ausdehnung, Zusammendrückbarkeit und Elasticität mit ihr gemein haben. Man nennt daher diese Materien auch Luft, die verschiedenen Arten dieser Materien **Luftarten**, und jene Luft zum Unterschiede **gemeine Luft**, auch **atmosphärische Luft**, weil man diese Luft sammt den in ihr schwebenden Dün-

Dünsten den **Dunstkreis**, besser die **Dunstkugel** (*Atmosphaera*) nennt. Ausserdem hat man auch, anfangs die kohlensaure Luft, nachher jede andere Luftart, die nicht atmosphärische Luft ist, Gas genannt.

In dem chemischen Theile der Physik ist die Rede von den materiellen Verschiedenheiten der Luftarten: hier nur von ihrer Bewegung, in so fern sie Luft sind. Man könnte diesen Theil der Physik **Aerostatik** nennen, wie man den vorigen Hydrostatik nennt, (**Aerometrie** ist der Name des dazu gehörenden Theils der angewandten Mathematik;) mehrere Schriftsteller aber verstehen unter jenem Namen bloß die Lehre von der Bewegung der sogenannten Aerostaten oder Luftballons in der atm. Luft.

§. 381.

Auch die mancherlei **Dünste**, (oder wie andere Physiker sie nennen, **Dämpfe**,) haben, so lange sie hinlänglich heiß sind, jene allgemeinen Eigenschaften mit der Luft gemein. Aber die Luftarten unterscheiden sich dadurch, daß sie auch in der größten uns bekannten Kälte Luft **bleiben**. Wir werden es unten wahrscheinlich finden, daß dieses eigene der Luftarten von der in ihnen gebundenen Electricität abhänge, indem alle Luftarten ein durch positive oder negative Elektricität differenzirtes Wasser seyn. Hier beschäftigen wir uns nur mit den räumlichen Eigenschaften zunächst der atmosphärischen Luft, zugleich aber aller anderen Luftarten, indem wir ihre materiellen Beschaffenheiten einem anderen Kapitel über-

überlassen. Was hier gesagt wird, gilt auch von den Dünsten, so lange sie durch hinlängliche Hitze in einem der Luft ähnlichen Zustande unterhalten werden.

§. 382.

Jede Luft ist **schwer** (§. 129). Von der atmosphärischen Luft erhellet dieses schon daraus, daß sie bei der Erde bleibt, daß sie leichtere Dünste aufwärts drückt, und daß die unteren Schichten dichter, (zusammengedrückter,) als die oberen sind. Man kann aber auch durch Wägen sich von der Schwere der atmosphärischen Luft und anderer Luftarten überzeugen, indem man mittelst der Luftpumpe aus einem kuglichten Recipienten die in ihm befindliche Luft wegnimmt, ihn mit einem Hahne genau verschließt, und so im leeren Zustande wägt, dann den Hahn öffnet, Luft hineintreten lässet, und nun den mit Luft gefüllten Recipienten wägt. Was bei diesem Wägen insbesondre in Rücksicht auf die Birnprobe, Temperatur und den Barometerstand zu beobachten sey, davon s. unten bei der Luftpumpe §. 464.

§. 383.

Eben dieses Wägen lehrt, daß die Dichtigkeiten oder **specifischen Gewichte** (§. 138) der verschiedenen Luftarten sehr verschieden seyn. Man leere einen Recipienten, dessen Höhle man genau ausgemessen, mit der Luftpumpe zu wiederholtenmalen, jedesmal in gleich hohem Grade, (nach der Barometer-

meter- und Birnprobe,) aus, so daß er jedesmal dasselbe Gewicht zeigt, fülle ihn dann mit der Luftart, deren spec. Gewicht man finden will, und wäge ihn wieder, so findet man daraus das absolute Gewicht der hineingelassenen Luft, aus welchem man dann das absolute Gewicht eines Kubikzolles dieser Luft benehmen kann. Da das Volumen jedesmal das gleiche ist, so findet man eben dadurch auch sogleich das specifische (§. 139).

Nach **Lavoisier** (Tabellen bei deß. System der Chemie. Uebers. von **Hermbstädt**. Berl. 1792. II. S. 246.) ist, bei einer Temperatur von 10° Reaum. und einem Barometerstand von 28″ das absolute Gewicht (im franz. Med. Gew.) eines Kubikzolles von

Atmosphärischer Luft	0,46005 Gran
Lebensluft (*Oxygène*)	0,50695
Stickgas (*Azote*)	0,44444
Brennbarem Gas (*Hydrogène*)	0,03539
Salpeterhalbsaurem Gas	0,54690
Ammoniakgas	0,27488
Kohlensaurem Gas	0,68985
Schweflichtsaurem Gas	1,03820

§. 383.[b]

Dieses Wägen lehrt aber auch, daß alle Luftarten, selbst die dichtesten, noch bei weitem spec. leichter sind, als die leichtesten liquiden oder festen Körper.

§. 384.

In so fern jede Luft schwer ist, muß das hydrostatische Grundgesetz (§. 321. 322) von Luft, wie

von

von liquiden Materien gelten. Wenn Luftarten von verschiedenem spec. Gewicht in Röhren, die nach §. 322. beschaffen sind, einander entgegen drücken, so wird das §. 330. bestimmte, und wenn sie mit einander in einem Behälter befindlich sind, das §. 360. bestimmte Gesetz eintreten müssen.

Brennbares Gas steigt in atmosphärischer Luft schnell aufwärts, kann daher in nach oben offenen Behältern nicht erhalten werden. Hingegen **kohlensaures Gas** bleibt unter atmosphärischer Luft stehen ꝛc.

Warme Luft steigt in **kalter** aufwärts. S. unten **Wärme**.

Der **Luftzug** in Oefen, Schächten ꝛc.

§. 385.

Wenn ein liquider Körper und eine Luft mit einander in einem Behälter befindlich sind: so tritt nach §. 360. allemal die Luft als specifisch leichter (§. 383. b.), an den höchsten Ort des Gefäßes und steht über dem liquiden.

Das Aufsteigen der sogenannten **Luftblasen** bei dem Füllen der vorher mit Wasser angefüllten Recipienten mit Gasarten ꝛc. Die Luftblase in der **Wasserwage**.

§. 385. b.

Wenn ein fester Körper (ein Behälter), welcher allemal spec. schwerer, als jede Luft ist (§. 383. b.), mit einer hinlänglichen Quantität einer specifisch leichteren Luft angefüllt ist, so daß das Gewicht des ganzen Körpers kleiner ist, als das eines gleich grossen Volumens atmosphärischer Luft, so muß der ganze

Körper in der atmosphärischen Luft aufsteigen, aus eben dem Grunde, aus welchem ein kleines Bleigewicht im Wasser aufsteigt, wenn es an einen grossen Kork befestigt ist (§. 358).

Seifenblasen mit brennbarer Luft gefüllt. Die Aerostaten oder Luftballons.

§. 386.

Allein eine Luft ist auch **zusammendrückbar** (*compressibilis*). Sie läßt sich, durch Quecksilberdruck in Röhren eingesperrt, durch Compressionspumpen, Windbüchsen, Recipienten mit Schrauben rc. sehr beträchtlich zusammenpressen, so daß entweder **mehr Luft** in denselben Raum gebracht wird, als vorher darin war, oder dieselbe Quantität Luft in einen **kleineren Raum** zusammen gedrängt wird. Dabei wird ihre Dehnkraft gehemmt, doch so lange keine chemische Veränderung vorgeht, nicht gemindert.

§. 387.

Zusammengedrückte Luft hat nothwendig expansive **Elasticität** (§. 191), d. h. ein Bestreben, sich in einen größeren Raum auszudehnen, indem ihre Dehnkraft durch die Beschränkung ihrer Raumerfüllung auf einen kleineren Raum eine größere Intensität erhält (§. 122). Um so mehr **widersteht** zusammengedrückte Luft einer jeden Kraft, welche strebt, sie noch mehr zusammen zu drücken,

und

und je mehr sie zusammengedrückt wird, desto mehr nimmt dieser Widerstand zu.

Dieses zeigt ganz einfach eine mit Luft angefüllte zugebundne Harnblase, ein wohlgeölter Stempel, den man in einen geschlossenen Pumpenstiefel schiebt, und welcher die zusammengedrückte Luft zurücktreibt ꝛc.

Die **Cartesianischen Teufelchen.**

§. 388.

Wenn ein Behälter, in welchem Luft enthalten ist, verengert wird, so wird dadurch die Luft **verdichtet**, folglich ihre Elasticität vermehrt. Wenn hingegen ein Behälter ꝛc. erweitert wird, so dehnt die in ihm enthaltene Luft eben wegen ihrer Elasticität sich in einen größeren Raum aus, (man sagt, obwohl nicht ganz schicklich: sie wird **verdünnt**,) folglich wird ihre Elasticität vermindert.

Die **Luftpumpe** (§. 458.)

§. 389.

Eben so wird die Dichtigkeit und mithin die Elasticität einer in einem Behälter eingeschlossenen Luft vermehrt, wenn man zu derselben **noch andere Luft** hineinpreßt; und hingegen wird die Luft verdünnt und minder elastisch, wenn man von derselben etwas **wegnimmt**, indem das übrige der Luft nun genöthigt wird, den ganzen Raum des Behälters auszufüllen.

§. 390.

Wenn **in zwei** ringsum geschlossenen **Behältern**, die durch eine Oeffnung mit einander Gemein-

schaft haben, Luft enthalten ist, und die Luft in beiden **gleiche** Elasticität hat, so kann in keiner von beiden Bewegung erfolgen. Wenn aber eine **mehr** Elasticität hat, als die andere, so strömt die elastischere aus ihrem Behälter in den anderen über; dadurch wird sie verdünnt und ihre Elasticität nimmt ab, die andere wird verdichtet und ihre Elasticität nimmt zu; sobald dann die Elasticität beider gleich geworden, hört die Bewegung auf.

§. 391.

Wenn beide Behälter nicht unmittelbar mit einander Gemeinschaft haben, sondern in dem einfachen oder mehrfachen Behälter, der sie verbindet, **Wasser** (oder ein anderes Liquidum) enthalten ist, so drückt die elastischere, also, wovon hier zunächst die Rede ist, die dichtere, das Wasser vor sich weg, in den anderen Behälter hinüber. Selbst **feste Körper** können auf diese Weise aus einem Behälter in einen anderen geschoben werden, wenn nicht ihr Gewicht oder die Reibung zu stark widersteht.

§. 392.

Wenn die in einem Behälter enthaltene (**innere**) Luft dieselbe Elasticität hat, als die **äussere** den Behälter umgebende, so erleiden die Wände des Behälters von innen und von aussen einen gleichen Druck: es kann also keine Bewegung erfolgen. Hat der Behälter eine Oeffnung, so geht doch weder Luft heraus, noch Luft hinein, so lange die Elasticität dieselbe bleibt.

§. 392. b.

§. 392. b.

Wenn die innere Luft eines verschlossenen Behälters mehr Elasticität hat, als die äussere, so erleiden die Wände von innen mehr Druck, als von aussen, und werden, wenn sie biegsam sind, ausgespannt. Wenn die Differenz beider Elasticitäten stärker ist, als die Cohäsion der Wände des Behälters, so werden sie zersprengt. Hat der Behälter eine Oeffnung, so **fährt Luft aus ihm heraus**, so lange, bis die innere durch die Verdünnung (§. 389) eine kleinere Elasticität erhalten hat, welche der Elasticität der äusseren Luft gleich ist.

Eine unter dem Recipienten der Luftpumpe hängende, nur etwas Luft enthaltende, schlaffe **Blase** schwillt auf und wird strotzend, wenn die sie umgebende Luft des Recipienten weggenommen wird. Im hohen Grade der Verdünnung, und wenn sie nicht zu stark ist, zerplatzt sie.

Diese Ausdehnung erfolgt auch, wenn gleich die Blase unter Wasser liegt, obwohl alsdann die Elasticität der innern Luft noch den Druck des Wassers zu überwinden hat. Es kann auf diese Weise ein beträchtliches **Bleigewicht durch eine Blase** im Wasser gehoben werden; so lange die Blase schlaff ist, liegt sie mit dem Bleigewicht am Boden des Gefäße, wie sie aber ausgedehnt wird, so wird die mittlere Dichtigkeit des aus Blase, sehr verdünnter Luft und Blei zusammengesetzten Körpers so klein, daß er vom Wasser gehoben wird, und schwimmt (§. 358).

§. 393.

Wenn sich zwischen der inneren mehr elastischen Luft eines Behälters und der äusseren minder elasti-

schen Wasser (oder ein anderer flüssiger Körper) befindet, so wird dasselbe durch den Druck der inneren Luft herausgetrieben, so lange, bis die dadurch ausgedehnte Luft eine kleinere Elasticität erhalten hat, welche der Elasticität der äussern gleich ist.

Der **Heronsball** (*Pila* Heronis) (Tab. III. fig. 54). Durch die nachher zu verschliessende Oeffnung m wird Wasser eingegossen: nachdem durch s, (welche Oeffnung inwendig ein Ventil versperrt,) zu der in L schon befindlichen Luft mit einer Pumpe noch mehr Luft eingepreßt worden, und der Hahn h geöffnet wird, so treibt die innere **verdichtete** und dadurch elastischere Luft das Wasser durch die Springröhre q p heraus.

Dieselbe Wirkung erfolgt, wenn der Heronsball unter einen Recipienten der Luftpumpe gestellt, und die ihn umgebende Luft **verdünnt** wird.

Der **Heronsbrunnen** (*Fons* Heronis) (fig. 55.). In den Wasserkasten W wird durch die nachher zu verschliessende Oeffnung m Wasser gegossen; dann anderes Wasser durch die Wasserröhre a b in den Luftkasten L; dieses drückt die Luft x, und weil diese durch die Luftröhre c d mit y Gemeinschaft hat, auch y, zusammen, und diese verdichtete Luft treibt das Wasser des Wasserkastens durch die Springröhre q p heraus.

Beide haben den Namen von ihrem Erfinder **Heron** von Alexandria (Πνευματικων f. *spiritalium liber* ed. a Commandino. Paris. 1575. 4.)

Die **magischen Tonnen** (fig. 56). Das in W durch m n eingegossene Wasser drückt die Luft in W und L zusammen und die verdichtete Luft treibt das Wasser durch r s heraus.

An-

Anwendung dieser Einrichtung bei Bergwerken. Höll's Maschine im Amalienschacht zu Schemnitz zur Förderung der Grubenwasser. Nic. Poda Beschreib. der bei dem Bergbau zu Schemnitz in Niederungarn errichteten Maschinen. Prag 1771. 8.

§. 394.

Wenn zwischen der inneren mehr elastischen Luft eines Behälters und der äussern ein **fester Körper** liegt, welcher die Oeffnung des Behälters ausfüllt und mehr oder weniger genau verschließt, so wird derselbe herausgeworfen, sobald die Elasticität der innern Luft groß genug wird, seine Masse in Bewegung zu setzen und zugleich die Reibung zu überwinden.

Die **Windbüchse**. S. unten §. 474.

§. 395.

Wenn die Elasticität einer eingesperrten Luft den Widerstand der Wände eines Behälters oder eines seine Oeffnung verstopfenden Körpers plötzlich überwindet, so daß jene mit Heftigkeit zersprengt werden oder dieser mit Heftigkeit herausgeworfen wird, so nennt man dieses einen **Ausbruch** (*Explosio*). Ein solcher Ausbruch kann entstehen, wenn die Elasticität einer eingesperrten Luft (sey es durch Verdichtung, indem im innern immerfort neue entbunden, oder neue hineingepreßt wird, oder sey es durch Erwärmung) allmälig vermehrt wird, und endlich einen so hohen Grad erreicht, daß sie gröſ-

größer wird, als der Widerstand; kann aber auch entstehen, indem die Elasticität der eingesperrten Luft schnell zu dem Grade erhöhet wird.

Was hier von Luft gesagt ist, das gilt auch von **Dünsten**, z. E. Wasserdünste, so lange sie durch Erhitzung im elastischen Zustande erhalten werden. Bei der **Voltaischen Pistole** (s. unten bei der brennbaren Luft) ist es glühender (im Moment der Verbrennung der brennbaren Luft (Gas hydrogene) aus diesem entstehender) Wasserdunst, welcher die Explosion bewirkt.

§. 396.

Erst im Kapitel vom chemischen Processe werden wir einsehen können, wie es möglich sey, daß aus festen oder liquiden Körpern Luftarten **entbunden** werden. Geschieht dieses in verschlossenen Behältern, so treten alle jene Wirkungen (§. 392. b.) ein. Es giebt Fälle, in denen diese Entbindung so äusserst schnell erfolgt, daß eine Explosion (§. 359) entsteht.

Das **Austreten der Luftarten aus den Entbindungsflaschen** bei der pneumatischen Geräthschaft. Wie in der **Entbindungsflasche** F (Tab. III. fig. 59.) aus den darin befindlichen Materien Gas entsteht, und allmälig in solcher Quantität angesammlet wird, daß seine Elasticität grösser wird, als die der äussern Luft (§. 389), so schiebt es das in der S-Röhre AB befindliche Wasser weg, und tritt aus der Oeffnung B heraus.

Die Wirkungen des **Schießpulvers**.

Die Explosion setzt zwar immer Einsperrung voraus, allein es ist nicht gerade Einsperrung durch feste Wände dazu nöthig. Im **Knallpulver** sperret die Masse selbst, indem

indem sie anfängt, zäh zu fließen, das zugleich entstehende Gas ein. Bei dem Schießpulver ist, wenn bei grossen Massen desselben ungeheure Quantitäten Gas entbunden werden, schon der bloße Druck der Atmosphäre als einsperrend anzusehen.

§. 397.

Wenn die innere in einem Behälter eingeschlossene Luft weniger Elasticität hat, als die äussere, so erleiden die Wände mehr Druck von aussen, als von innen. Wird in einem von aussen der gemeinen Luft ausgesetzten Behälter die Luft durch die Luftpumpe, so viel als dadurch möglich ist, verdünnt, so erleiden seine Wände den ungeheuren Druck der ganzen Atmosphäre.

Eine auf einen blechenen hohlen Kylinder aufgekittete Glasscheibe wird, nachdem die innere Luft desselben einigermaaßen verdünnt worden, durch den Druck der äussern zerbrochen.

Eine über denselben gespannte und luftdicht festgebundene Blase wird ..... nach innen gedrückt, so daß sie aussen concav wird, und endlich zerspringt.

Die **Magdeburgischen Halbkugeln.** Zwei gut zusammenschliessende hohle Halbkugeln (besser Kugelsegmente von etwa 120° , weil bei Halbkugeln ein grosser Theil des Drucks nah am Aequator der ganzen Kugel gar zu schief wirkt,) von Messing werden, nachdem mittelst eines Hahns die Luft aus ihnen ausgepumpt worden, (so viel als durch eine gute Luftpumpe möglich ist,) mit grosser Kraft zusammengehalten. Diese Kraft ist gleich dem Drucke einer Quecksilbersäule, welche den größten Kreis der Halbkugeln, oder den Abschnittskreis der Ku-

Kugelsegmente zur Grundfläche und 28″ (oder die jedesmalige Barometerhöhe) zur Höhe hat (§. 406. fgg.) **Otto's v. Guericke** Halbkugeln, welche er 1654. auf dem Reichstage zu Regensburg zeigte, und welche 0,67 Magdeburgische Ellen im Durchmesser hatten, wurden kaum durch 16 Pferde aus einander gerissen. Die, welche eine Elle im Durchmesser hatten, konnten 24 Pferde nicht aus einander reissen. *Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio.* Amstelaed. 1672. Fol. libr. III. c. 23 24. 25.

§. 398.

Hat in diesem Falle der Behälter eine Oeffnung, so **fährt äussere Luft** in denselben **hinein.** Dadurch wird die innere verdichtet (§. 389), mithin ihre Elasticität erhöhet, und dieses dauert so lange, bis die Elasticität der innern der Elasticität der äussern gleich ist.

Das Athemholen.

§. 399.

Wenn zwischen der innern minder elastischen Luft eines Behälters und der äusseren **Wasser** oder ein anderer flüssiger Körper befindlich ist, so wird dieser durch den Druck der äusseren in den Behälter hineingetrieben.

Die Saugpumpe. §. 455.

Das Tabakschmauchen.

Aus einem Gefäße mn (Tab. III. fig. 58.), dessen Mündung in Wasser steht, tritt, wenn die ganze Vorrichtung unter einen Recipienten gestellt, und die äussere Luft des R. weggepumpt wird, die innere Luft des Gefäßes nach und

und nach aus der Mündung n heraus, und steigt im umgebenden Wasser auf. Nachdem durch lange fortgesetztes Auspumpen fast alle Luft aus m n weggeschafft worden, dann die äussere Luft wieder unter den R. gelassen wird, drückt sie das Wasser w w in das Gefäß m n hinein, so daß dieses fast ganz damit angefüllt wird, und drängt dabei die wenige in m n noch übrig gewesene Luft in den kleinen Raum zusammen, in welchem ihre Dichtigkeit der Dichtigkeit der äussern gleich ist.

Die Birnprobe. §. 469.

Eben so kommt aus Holz, das im Wasser schwimmt, unter dem R. der Luftpumpe die in seinen Poren befindliche Luft hervor und tritt durch das Wasser in den Luftraum des R. Wenn nachher wieder Luft in den R. gelassen wird, so drückt diese Wasser in die nun mit sehr verdünnter Luft angefüllten Poren des Holzes, und das Holz sinkt. (Das dazu dienende Holz muß nur wenig spec. leichter als Wasser seyn, damit es kaum aus dem Wasser hervorrage, und beim Zulassen der äussern Luft nicht wieder Luft ins Holz fahre.)

Wasser, auch Quecksilber, werden von dem Drucke der äussern Luft durch die Poren des Bodens eines hölzernen Bechers getrieben, wenn derselbe mit einem vorragenden Rande einen R. schließt, in dem die Luft verdünnt wird.

Wenn der flüssige Körper, welcher vor der Oeffnung eines Behälters liegt, mit einer weichen Hülle umgeben ist, und die Luft des Behälters verdünnt wird, so drückt die äussere Luft die Hülle zusammen, und dadurch das Flüssige in den Behälter hinein. Das **Saugen** der Säuglinge an den Brüsten.

In Kircher's Brunnen mit Storch und Schlange (fig. 57.) erfolgen beide Wirkungen, so daß der Storch aussäuft, was die Schlange ausspeit. Der Schlangenkasten S und der Storchkasten C sind mit Wasser gefüllt; die Hähne m, n, geschlossen. Wie die Hähne geöffnet werden, so fällt das Wasser des Storchkastens C durch a b hinab in den Wasserkasten W W; dadurch wird die Luft A in C verdünnt, und die äussere Luft preßt das in v v befindliche Wasser dem Storch y in den Schnabel. Aber das in den Kasten W hinabfallende Wasser drückt die Luft L, L, zusammen; diese drückt auf das Wasser des Schlangenkastens und preßt es durch die Schlange x heraus.

§. 400.

Auch ein fester Körper, der die Oeffnung eines Behälters schließt, wird auf diese Weise durch den Druck der äussern Luft in den Behälter hinein getrieben, wenn die Luft in dem Behälter verdünnt wird, und wenn er für die Oeffnung zu dick ist, doch tief und stark hineingepreßt.

Die Magdeburgische Windbüchse mit verdünnter Luft. Otto de Guericke *de vacuo spatio*. p. 112. Wolff's nützl. Vers. I. S. 274.

Das Hineintreiben der Stöpsel in Flaschen, die mit einem sauren oder Ammoniakgas gefüllt waren, und zugleich etwas Wasser enthielten.

§. 401.

Luft, welche gar nicht zusammengedrückt, sondern bloß ihren eignen Grundkräften (§. 120) überlassen wäre, würde beharrlich denjenigen Raum einneh-

nehmen, durch dessen Erfüllung die Quantitäten ihrer beiden Grundkräfte mit einander im Gleichgewichte wären (§. 122). Allein wir kennen weder unsere gemeine Luft noch eine andere Luftart anders, als im **zusammengedrückten** Zustande. Da die **gemeine Luft** schwer ist, so wird sie wie liquide Flüssigkeiten schon durch ihr eignes Gewicht von oben, und jede Luftsäule durch die angränzenden von den Seiten zusammengedrückt (§. 334), und eben weil jede Luftsäule zusammengedrückt ist, drückt sie auch vermöge ihrer Expansivkraft gegen andere Luftsäulen, so wie diese wieder eben deswegen gegen sie drücken. Eben so wird jede **andere** Luft, die sich als eine Säule oder Schicht mit gemeiner Luft, umgeben befindet, von dieser durch Schwere und Elasticität zusammengedrückt. Gemeine Luft oder andere Luftarten, in Behälter eingesperrt, erleiden durch eine Oeffnung des Behälters den Druck der gemeinen Luft; wenn die Oeffnung verschlossen wird, so ist die Luft doch in dem Volumen, in welches sie der vorhergehende Druck der äussern Luft eingezwängt hatte; in diesem wird sie durch den Druck der Wände des Behälters und des verschliessenden Deckels, Stöpsels ꝛc. erhalten. Sie drückt nun, so lange ihre Elasticität nicht geändert wird, eben so stark gegen die Wände des Behälters, als sie vorher gegen die umgebende Luft drückte, und diese drücken eben so stark gegen sie zurück (§. 300).

§. 402.

§. 402.

Da die gemeine Luft durch ihr eignes Gewicht zusammengedrückt wird, so sind die **unteren Luftschichten dichter, als die oberen**, indem jene von dieser gedrückt werden, und die Dichtigkeit der Luft nimmt von unten nach oben immer mehr ab. Daher hat auch die obere Luft weniger Elasticität, als die untere.

Otto v. Guericke's Versuch (*Exp. de vacuo spatio.* c. 39.)

§. 403.

Da die gemeine oder atmosphärische Luft schwer und zugleich elastisch ist, so drückt sie, sowohl vermöge ihrer Elasticität, als vermöge ihres Gewichts, auf die ganze Erdkugel und auf alle diejenigen Körper, welche auf der Oberfläche derselben liegen. Dieser **Druck** ist so stark, daß er dem senkrechten Drucke einer **Wassersäule von** ungefähr 32′ **Höhe**, oder, was einerlei ist, einer **Quecksilbersäule von** 27″ bis 28″ **Höhe** das Gleichgewicht hält.

„**Ungefähr**,“ denn die Folge wird zeigen, daß dieser Druck nicht an allen **Orten** der Atmosphäre und nicht zu allen **Zeiten** gleich sey.

§. 404.

Es sey mn (Tab. III. fig. 51.) eine oben geschlossene, unten offene, mit Wasser gefüllte, senkrecht gestellte Röhre, deren untere Mündung unten mit dem Wasser des Behälters AB gesperrt ist.

Nach

Nach dem hydrostatischen Gesetze (§. 322) sollte das Wasser in der Röhre mn herabsinken, bis ab und AB in einer Ebene liegen. Allein die Erfahrung lehrt, daß das Wasser in der Röhre mn stehen, und die Röhre ganz mit Wasser angefüllt bleibe, wenn sie auch zwanzig und mehrere Fusse hoch ist. Eben dieses erfolgt, wenn eine Röhre, wie cd (fig. 52.), zweischenklicht und an dem Ende c des einen längeren Schenkels geschlossen, an dem Ende d des anderen kürzeren Schenkels offen ist. Das Wasser sinkt nicht in cv herab, und fließt aus d aus, sondern es bleibt in dem langen Schenkel, hoch über dem Spiegel des kurzen stehen. Ist die Röhre pq (fig. 53.) eng genug, so bedarf es jener Sperrung der Mündung, oder der Umbiegung des kurzen Schenkels nicht einmal, sondern es bleibt das die Röhre erfüllende Wasser in derselben, wenn gleich die offene Mündung q frei in die Luft ragt. Es erfolgt eben dasselbe auch in anderen Behältern, die nicht eben röhrenförmig sind, von allerlei Gestalt, wenn sie nur oben verschlossen, und nach unten entweder mit Wasser gesperrt sind, oder eine nicht zu weite Mündung haben.

§. 405.

Die Alten erklärten diese Erscheinung aus einem **Abscheu der Natur vor dem leeren Raume** (fuga vacui), indem, wenn das Wasser aus der Röhre herabfiele, ohne daß dagegen Luft hinauf treten könnte, über dem Wasser in mb, cn, pr (fig.

(fig. 51. 52. 53.) ein leerer Raum entstehen würde. Allein die Naturlehre des siebenzehnten Jahrhunderts hat die Nichtigkeit dieses Wahnes gezeigt und uns gelehrt, daß es der **Druck der atmosphärischen Luft** sey, welcher das Wasser auf diese Weise in Röhren rc. zurückhält. Dieser Druck hat sein bestimmtes Maaß, und ist dem senkrechten Drucke einer 32′ hohen Wassersäule gleich.

Nur dann bleibt jene Röhre ganz mit Wasser gefüllt, wenn sie nicht über 32′ hoch ist; ist sie höher, so sinkt das Wasser in der Röhre, fließt zum Theil heraus, bis es in derselben nur noch 32′ hoch steht, und in mb (fig. 51.), cn (fig. 52.), pr (fig. 53.) entsteht wirklich ein luftleerer Raum. In der engen Röhre fig. 53. bedarf das Wasser keiner Sperrung, noch Umbiegung der Röhre, weil die dünne darin enthaltene Wassersäule eine kleine untere Fläche hat, die auch beim Umwenden der vorher gefüllten Röhre bald wagerecht steht, so daß alle darin denkbare senkrechte Wassersäulchen gleich hoch sind, mithin der gegendrängenden Luft nicht ausweichen kann; in der weiteren aber muß Sperrung oder Umbiegung hinzukommen, um der Luft den Eingang zu wehren; ist bei diesen die Mündung frei offen, so geräth bei dem Umwenden der vorher gefüllten Röhre die grosse untere Fläche leicht in ein Schwanken, oder es verlieren einige Theile derselben eher die Unterstützung; dann sinken an einer Seite die längeren Wassersäulchen wieder, indem an der anderen die Luft hinaufsteigt.

Aristoteles *physicor.* lib. 4. cap. 6. sqq. Aurel. 1607. p. 498.

Pascal hat zuerst in seinen trefflichen Schriften (*experiences nouvelles touchans le vuide.* Paris 1645.

und

und *traité de l'èquilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air.* Paris 1663.) den alten Wahn von der *fuga vacui* gründlich widerlegt, nachdem Torricelli ihm seine Beobachtung (§. 407) mitgetheilt hatte.

§. 406.

Ist diese Lehre wahr, so muß auf eben die Weise, wie dort das Wasser, auch das Quecksilber durch den Druck der Luft erhalten werden; da aber dieses an 14mal specifisch schwerer ist, als Wasser, so wird eine Quecksilbersäule mb, welche vom Drukke der Luft getragen wird (fig. 51.), nur um den vierzehnten Theil so hoch als jene Wassersäule (§. 330), also 27 bis 28'' hoch seyn können. Eben dieses lehrt aber auch die Erfahrung, und bestätiget dadurch die Wahrheit dieser Lehre.

Evangelista Torricelli hat im Jahr 1644. diesen Versuch zuerst angestellt, und dadurch die Lehre vom Drucke der Luft begründet. Doch hatte schon sein Lehrer Galilei entdeckt, daß eine Saugpumpe das Wasser nicht über 32' hoch heben könne.

§. 407.

Wenn eine reine trockene Röhre, welche länger als 28'' und an einem Ende verschlossen ist, mit reinem, durch Kochen von Luft befreiten, Quecksilber gefüllt, alle beim Eingiessen eingefangene Luft noch durch Kochen des Quecksilbers in der Röhre herausgeschafft und dann mit nach unten gekehrter

Mün-

Mündung in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß (fig. 51.) gestellt (oder am offenen Ende fig. 52. umgekrümmt) wird, so sinkt das Quecksilber auf die Höhe von 28″ herab, und es entsteht also über demselben am verschlossenen Ende der Röhre ein luftleerer Raum. Man nennt denselben die **Torricellische Leere** (*Vacuum* Torricellianum); und die so mit Quecksilber gefüllte Röhre die **Torricellische Röhre.** Dieser Raum ist unter jener Bedingung so **luftleer**, als es der Kunst nur möglich ist, einen luftleeren Raum zu bereiten.

Auch über dem Wasser, das in einer über 32′ ꝛc. langen ganz mit Wasser gefüllten Röhre auf 32′ herabsinkt, entsteht ein luftleerer Raum, allein, wenn auch das Wasser durch Auskochen von Luft befreiet worden, so wird doch dieser Raum auch in niedriger Temperatur mit dem Dunst des Wassers erfüllt, (welches viel leichter als Quecksilber verdunstet.)

§. 407. b.

Uebrigens bestätigen auch alle andere bei diesen Versuchen zu machenden Beobachtungen die Wahrheit dieser Lehre. Wird die Röhre, in welcher das Quecksilber (oder Wasser ꝛc.) steht, oben geöffnet, so daß die Luft auch von oben auf das Q. wirkt, so kann der untere Luftdruck das Q. nicht mehr erhalten, weil er durch den obern aufgehoben wird, und das Q. fällt durch seine Schwere heraus. Wird die 28″ hohe Röhre, mit Q. gefüllt, unter die Luftpumpe gebracht, so fällt, je mehr die Luft des

Re-

Recipienten verdünnt wird, desto mehr das Queck=silber herab und setzt sich endlich ins hydrostatische Gleichgewicht (S. unten §. 468). Steht die mit Quecksilber gefüllte Röhre, welche noch Torricelli=sche Leere über dem Q. hat, in einem mit Q. gefüll=ten Gefäße, und man erhöhet den Spiegel des äus=seren Q. durch Nachgiessen, so steigt dagegen um eben so viel auch das Q. in der Röhre höher, so daß es immer dieselbe Höhe über dem äussern Q. behält. Zieht man die Röhre aus dem äussern Q., so treibt, wenn sie eng genug ist, daß das Q. nicht ausweicht, der äussere Luftdruck die Q.säule bis ans obere En=de der Röhre, so daß die Torricellische Leere ver=schwindet.

Hieher gehört auch Robberval's Versuch in den *Tentaminibus experimentorum naturalium captorum in academia del Cimento.* Vienn. 1756. 4. p. 29.

§. 408.

Bei anderen liquiden Körpern wird auf diesel=be Weise eine höhere oder niedrigere Säule durch den Druck der Luft erhaltrn, je nachdem sie specifisch leichter oder schwerer sind.

§. 409.

Ist in einem mit Wasser, Quecksilber rc. ge=füllten Behälter über dem Wasser rc., etwas Luft enthalten, welche die Dichtigkeit, mithin, (wenn sie ebenfalls atm. Luft ist,) auch die Elasticität der at=mosphärischen hat, so kann nicht die ganze Wasser=

säule 2c. durch den Druck der Luft erhalten werden. **Die Wassersäule sinkt so tief, und dadurch wird die über ihr stehende Luft so viel verdünnt, daß ihre nun geringere Elasticität sammt dem Drucke der nun niedrigeren Wassersäule dem Drucke der äussern Luft das Gleichgewicht hält.**

Man fülle eine reine und trockne gläserne Röhre, die an einem Ende verschlossen, am andern offen, und länger, als 28″ ist, mit ausgekochtem Quecksilber, treibe alle anhängenden Luftblasen durch Erhitzung und gelindes Klopfen heraus, halte, so daß die Röhre ganz voll ist, die Mündung mit einem Finger zu, stelle sie, die Mündung nach unten gekehrt, in ein weiteres mit Quecksilber gefülltes Gefäß, und ziehe den Finger von der Mündung weg. Das Quecksilber wird bis auf 28″ herabsinken, dann stehen bleiben, und über sich eine Torricellische Leere lassen. Man halte die Mündung abermals mit dem Finger zu, nehme sie heraus, kehre die Mündung aufwärts, so daß die Leere nach der Mündung kommt, und öffne sie, damit atmosphärische Luft in die Leere trete. Man halte die Mündung wieder zu, stelle die Röhre mit abwärts gekehrter Mündung wieder in das Q., so daß die eingefangene Luft dahin trete, wo vorher die Torricellische Leere war, und öffne die Mündung. Die äussere Luft kann nicht dem Drucke der 28″ hohen Quecksilbersäule, sammt dem Drucke der Elasticität der eingesperrten Luft, widerstehen, da jeder dieser Druck allein ihrem Drucke gleich ist. Daher sinkt das Q. und würde ganz in die Ebene des äussern Q.spiegels herabsinken, wenn die innere Luft ihre Elasticität behielte. Allein, wie es sinkt, so wird die innere Luft verdünnt, und dadurch minder elastisch: sobald

das

das Q. so weit gesunken ist, daß der Druck des Q. + dem Drucke der innern Luft = dem Drucke der äussern Luft, so steht das Q. (nach einigem Schwanken) still.

Nutzen des **Spundlochs** an einem Fasse.

Der **Stechheber**. Die **Klepsydra**. Der sogenannte **Oelkrug** der Wittwe zu Zarpath. Der **Zaubertrichter**. Der **Zauberbrunnen** (*fons intermittens*, fontaine a commandement).

In dem (gläsernen) **Wasserhammer** fließt aus einer Höhlung desselben das darin enthaltene Wasser durch ein enges Zwischenröhrchen ungehindert in einem Strale in die andere luftleere Höhlung desselben. In eben diesem Werkzeuge schlägt das fallende Wasser heftig gegen das Glas des Gefäßes, weil der Widerstand der Luft fehlt (§. 306).

Das Füllen der Recipienten bei der **pneumatischen Geräthschaft**. Wenn der mit Wasser gefüllte Recipient R (fig. 59.) unter dem Wasser W W umgekehrt, so daß die Mündung B nach unten kommt, dann in die Höhe gezogen und auf die Brücke der Wanne gestellt wird, so bleibt, vermöge des Luftdrucks, das Wasser in ihm stehen. Wie in der Entbindungsflasche F Gas entbunden wird, und dasselbe aus der S-Röhre A B hervorkommt (§. 369), tritt es in den Recipienten über das Wasser hinauf ꝛc.

Das alltägliche **Ausgiessen** liquider Flüssigkeiten aus Flaschen, welches mit der Wirkung des Zauberbrunnens grosse Aehnlichkeit hat.

§. 410.

Vermöge des Drucks, den die elastische atmosphärische Luft gegen alle irdische Körper ausübt,

dringt sie in alle Zwischenräume derselben ein, zu denen sie Zugang hat, und vermöge ihrer grossen Flüssigkeit selbst in äusserst kleine, uns nicht mehr sichtbare, Zwischenräume ein. Daher sind sehr viele Körper mit beträchtlich viel Luft (Aër *porositatis*) angefüllt, die sich unter der Luftpumpe ausdehnt und, wenn die Körper in Wasser liegen, oder liquide Theile an sich haben, in zahlreichen Bläschen zum Vorschein kommt (§. 392).

§. 411.

Von diesem Aër porositatis ist der sogenannte Aër *mixtionis* wohl zu unterscheiden. Es giebt nämlich gewisse feste oder liquide Körper, die durch Hitze oder durch andere Stoffe dergestalt zerlegt werden, daß aus ihnen eine Luftart erzeugt wird (§. 380). Diese Luft ist nicht als solche schon in dem Körper vorhanden, sondern nur der Stoff, welcher durch Bindung von Wärme rc. zu einer Luft erst wird.

§. 412.

Vermöge des Drucks der Atmosphäre werden alle irdische Körper von aussen mächtig gedrückt: der Druck auf jede gegebene Fläche ist gleich dem Druck einer Quecksilbersäule, welche diese Fläche zur Grundfläche, und 27'' bis 28'' (eigentlich den jedesmaligen Barometerstand) zur Höhe hat. Aber dieser Druck ist vielen Körpern nützlich und nöthig, um die liquiden Flüssigkeiten im liquiden Zustande, vielleicht alle in ihrer Mischung, zu erhalten, indem, je gerin-

geringer der Luftdruck wird, desto weniger Wärme schon hinreichend ist, um liquide und feste Körper in Dunst zu verwandeln.

Wenn ein Pariser Kubikfuß Quecksilber 950 Pfund (Cöllnisch) wiegt, so drückt die Atmosphäre bei einer Barometerhöhe von 28″ auf eine Fläche von 1 Quadratfuß mit $2\frac{1}{3} . 950 = 2216\frac{2}{3}$ Pfund. Wenn man die Oberfläche des menschlichen Körpers zu 15 Quadratfuß rechnet, so beträgt der Druck der Atmosphäre auf dieselbe 33250 Pfund.

§. 412.[b]

Da dieser Druck nicht bloß von der Schwere, sondern auch von der Elasticität der Luft abhängt, so ist er nicht etwa bloß unter freiem Himmel so groß, sondern eben so groß in jeder Höhle, zu welcher die Luft Zugang hat.

§. 413.

Wenn Luft von irgend einer Kraft auf einen gewissen Raum zusammengedrückt wird, so daß jene in dem angenommenen Volumen beharret, so müssen die (absolute) **Elasticität** der so zusammengedrückten Luft und die **zusammendrückende Kraft einander gleich seyn.** Daher gilt, wenn verschiedene Quantitäten Luft (von einerlei Art und unter übrigens gleichen Umständen) mit einander verglichen werden, das Gesetz: **die (expansive) Elasticität der Luft verhält sich, wie die zusammendrückende Kraft.**

§. 414.

§. 414.

Aber nach dem Boyleschen oder Mariotteschen Gesetze verhält sich auch die Dichtigkeit der Luft (von einerlei Art, und unter übrigens gleichen Umständen), **wie die zusammendrückende Kraft**; folglich ebenfalls, **wie die Elasticität.**

Gewissermaassen läßt sich dieses a priori einsehen. Es sey eine Luft von der Dichtigkeit d durch eine Kraft v zusammengedrückt, so muß ihre Elasticität $e = v$ seyn. Wird sie durch eine stärkere Kraft V zusammengedrückt, so daß sie dichter $= D$ wird, so muß nun ihre Elasticität E wieder $= V$, und da V grösser ist, als v, auch E grösser als e seyn. Indessen erhellet doch daraus nicht, daß $e:E = d:D$, oder daß die Elasticität der Dichtigkeit proportional sey, wie dieses hingegen durch Versuche empirisch bewiesen werden kann.

Man giesse (Tab. III. fig. 49.) in eine starke gläserne mit gemeiner Luft angefüllte Röhre abdcf, (welche in a zugeschmolzen, in f offen, und wenigstens in dem kürzern Schenkel durchaus von gleicher Weite ist,) so viel Quecksilber, daß in ab eine Luftsäule abgeschnitten wird und messe, indem die Röhre senkrecht steht, die Länge ab, z. E. 8″. Dann giesse man in den langen Schenkel allmälig Quecksilber nach. Die in ab eingesperrte Luft wurde vorher durch den Druck der äussern Luft, welcher dem Druck einer 28″ hohen Quecksilbersäule gleich ist, zusammengedrückt; die Q.säulen md und mb halten einander hydrostatisch das Gleichgewicht; die Q.säule cd aber, welche oberhalb eb steht, drückt die eingesperrte Luftsäule ab zusammen. Diese Luftsäule hat also den Druck von cd + 28″ hoch Quecksilber zu

zu tragen. (Um zu bestimmen, wie stark der Druck auf die Luftsäule ab sey, muß man zu der Höhe cd jedesmal 28″ oder was sonst die Höhe des Barometers an dem Orte und zu der Zeit ist, addiren.) Je mehr man cd durch Eingiessen von Quecksilber in f erhöhet, desto mehr wird die Luftsäule ab zusammengedrückt, und man findet allemal, daß ihr Volumen in eben dem **Verhältniß** abnimmt, d. h. ihre **Dichtigkeit zu nimmt, in welchem der Druck** cd + 28″ **wächst.** Wenn cd = 28″ wird, so findet man das Volumen von ab auf die Hälfte z. E. 4″ Länge, verkleinert.

Man fülle (fig. 50.) eine starke hölzerne Röhre ABCD, deren eine Mündung CD mit einem dicken Boden und Pech gut verschlossen worden, mit Quecksilber, und senke eine dünnere gläserne Röhre ab, die an beiden Enden offen ist, hinein. Das Q. wird in dieser so hoch als ausserhalb stehen. Man verschliesse die Mündung a mit Siegellack und bemerke die Länge der eingesperrten Luftsäule am, welche die Dichtigkeit der gemeinen Luft hat, und so viel als mit 28″ Q. zusammengedrückt ist, z. E. 2″. Man ziehe die Röhre in die Höhe, so daß sie die Stellung cd erhält; das Quecksilber wird von c herabsinken, aber doch in einer gewissen Höhe pn stehen bleiben, und nach Verhältniß die Luftsäule ausgedehnt, also minder dicht werden. Wenn die Q.säule pn = 14″ ist, so wird die Luftsäule cn = 4″ seyn, also nur die Hälfte der Dichtigkeit haben, welche sie vorher hatte. Der äusseren Luft hält jetzt die Last der Elasticität dieser verdünnten Luft, + dem Druck von 14″ Q. das Gleichgewicht; also erleidet die eingesperrte Luft auch nur den halben Druck der äusseren Luft ꝛc.

Diese und ähnliche jenes Gesetz beweisende Versuche haben zuerst **Boyle** (*defensio doctrinae de elatere et grauitate aëris*. II. c. 5. und *defence against the objections of* Linus. Lond. 1662. c. 5.), nachher **Mariotte** (*essay sur la nature de l'air*. Paris 1676. 8.) angestellt.

§. 415.

Mariotte hat dieses Gesetz nur von der atmosphärischen Luft behauptet: aber nicht allein bei dieser, sondern auch bei der Lebensluft, der brennbaren Luft, gilt dieses Gesetz, und es ist wahrscheinlich, daß es **bei allen Luftarten** gelte, vorausgesetzt, daß sie in gleichem Grade der Feuchtigkeit und Trockenheit mit einander verglichen werden.

Felix Fontana *opuscules physiques et chymiques*. Paris 1784. p. 126. Herbert *diss. de aëre fluidisque ad aëris genus pertinentibus*. Vinn. 1773. p. 96. Gilbert's Bemerk. in seinen Annalen der Physik. XV. 1. S.

§. 416.

Doch findet dieses Gesetz nur bei denen **Graden der Verdichtung** und **Verdünnung** Statt, welche nicht gar zu viel von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft abweichen. Wenn eine Luft im hohen Grade **verdichtet** wird, so nimmt ihre Elasticität mehr als die Dichtigkeit zu, so daß sie der fortgesetzten Zusammendrückung immer mehr und mehr als im Verhältnisse der grösseren Dichtigkeit widersteht. Wenn das Mariottische Gesetz allgemein,

mein, auch bei noch so grosser Zusammendrückung gültig seyn sollte, so müßte die Luft endlich dichter als Wasser, ja dichter als Gold, werden, und doch Luft bleiben können, welches unmöglich ist. In zu hohem Grade der Zusammendrückung läßt sie ihre gebundene Wärme fahren, vermöge deren sie Luft ist, woraus dann Erhitzung und nach Umständen Entzündung entsteht. (S. im Kapitel von der **Wärme**.)

Winkler (Unters. der Natur und Kunst. Leipz. 1785. 2 Abh. S. 981) hat das Mariottesche Gesetz noch bei achtfachem Drucke gültig befunden.

§. 417.

Eben so gilt zwar das Mariottische Gesetz noch bei hohen Graden der **Verdünnung**, (wie es scheint, so weit als unsere Luftpumpen reichen,) allein es findet auch hier nothwendig seine Gränze. Wenn es ganz allgemein gültig seyn sollte, so müßte Luft, die gar nicht zusammengedrückt wäre, die Dichtigkeit o haben, d. h. gar nicht mehr Materie seyn, welches zu behaupten widersprechend wäre. Auch ohne Zusammendrückung würde die Luft einen bestimmten Raum, nämlich den einnehmen, in welchem die Dehnkraft (welche durch die Ausdehnung in einen größern Raum kleiner ist als bei jeder Zusammendrückung) der anziehenden Kraft das Gleichgewicht hielte (§. 122).

§. 418.

Die Elasticität einer Luft an sich selbst, in Rücksicht auf die Bewegung, welche sie bewirken, den Widerstand, welchen sie leisten kann, heißt **absolute Elasticität.** Unter dem Namen **specifische Elasticität** s versteht man das Verhältniß der absoluten Elasticität a einer Luft zu ihrer Masse m.

$$s = \frac{a}{m}$$

woraus $a = sm$ folgt.

§. 419.

Die specifischen Elasticitäten zweier Luftarten verhalten sich daher, wenn die Massen gleich sind, **wie die absoluten**; wenn aber die absoluten gleich sind, **umgekehrt, wie die Massen.**

$$s : S = \frac{a}{m} : \frac{A}{m} = a : A$$

$$s : S = \frac{a}{M} : \frac{a}{m} = m : M$$

§. 420.

Das Verhältniß der **absoluten Elasticität** einer Luft zu der absoluten Elasticität einer andern Luft ist aus dem Verhältniß ihrer **specifischen Elasticitäten** und dem ihrer **Massen** zusammengesetzt (§. 418). Daher verhalten sich ihre absoluten Elasticitäten bei gleicher spec. Elasticität, **wie die Massen:**

a:A

$$a : A = sm : sM = m : M$$

und bei gleicher Masse, **wie die specifischen Elasticitäten:**

$$a : A = sm : Sm = s : S$$

§. 421.

Die specifische Elasticität einer jeden Luft wird durch erhöhete **Wärme** vermehrt, indem die Wärme nichts anders, als die Dehnkraft selbst (§. 119) ist, von welcher die expansive Elasticität (§. 191) überhaupt abhängt. Daher muß das absolute Gewicht und das Volumen jeder Luft mit Bemerkung ihres Wärmegrads gemessen, die absoluten Gewichte und Volumina zweier Luftarten müssen bei einerlei Wärmegrade verglichen werden.

S. unten das Kap. von der **Wärme.**

§. 422.

Wenn von specifischer Elasticität einer Luftart ohne nähere Bestimmung die Rede ist, so versteht man allemal die specifische Elasticität **bei gleichem Wärmegrade,** in so fern sie bloß von der Materie der Luftart abhängt.

Von der Anwendung der spec. Elasticität durch **Feuchtigkeit** s. unten bei der Wärme und dem Wasser.

§. 423.

Die **verschiedenen Luftarten** haben bei einerlei Ausdehnung verschiedene Masse oder absolutes Gewicht, wie das obige Verzeichniß (§. 383) an-

angiebt, also im **umgekehrten** Verhältnisse des **absoluten Gewichts** verschiedene specifische Elasticität. Da aber die Ausdehnung jeder in einem Behälter eingeschlossenen Luft von dem Druck der äussern Luft abhängt, unter welchem sie eingesperrt wurde (§. 392. fgg.), so muß das absolute Gewicht derselben **unter einerlei Druck** der äussern Luft (bei einerlei Stande des Barometers) verglichen werden.

§. 424.

Geradezu kann man die **Elasticität** zweier Luftarten durch Vergleichung ihres **Volumens** bei gleichem absoluten Gewichte vergleichen. Aber das Volumen jeder Luft muß mit Bemerkung des äussern Luftdrucks gemessen, und die Volumina zweier Quantitäten Luft (sie seyn von einer oder von verschiedener Art) müssen **unter einerlei äusserem Drucke** verglichen werden.

§. 425.

Wenn das Volumen einer Luft, die in einen Recipienten R (Tab. III. fig. 59.) durch Wasser oder Quecksilber) eingesperrt ist, so bestimmt werden soll, wie groß es ist, wenn ihre Elasticität und die der äussern Luft einander das Gleichgewicht halten, so muß das Wasser ꝛc. **im Recipienten** genau **eben so hoch stehen, als ausserhalb** desselben das Wasser der Wanne.

Indem dann das innere und äussere Wasser einander das Gleichgewicht halten, hat der Druck der äussern Luft es bloß mit dem der innern zu thun, folglich haben sie dann, beide gleiche Elasticität. Wenn aber das innere Wasser höher steht, wie fig. 51. so hat die äussere Luft nicht bloß den innern Luftdruck, sondern auch das Gewicht der Wassersäule bn zu tragen; daher ist bei dem Gleichgewichte die innere Luft im **verdünnten**, weniger elastischen Zustande. Steht das innere Wasser niedriger, so muß umgekehrter Weise die innere Luft im **verdichteten**, mehr elastischen Zustande seyn.

Siehe auch unten §. 450. b.

§. 426.

Wenn ein Behälter, der biegsame Wände hat, mit einer hinlänglichen Quantität Luft angefüllt ist, so kann er durch dieselbe bis zum Strotzen ausgespannt werden, wenn er gleich von aussen mit atmosphärischer Luft umgeben ist, sobald auf irgend eine Weise (durch Hineintreibung einer hinlänglichen Luftmenge, oder durch Erhitzung (§. 420) 2c.) die Elasticität der hineingetriebenen Luft groß genug wird, um die geringe Steifigkeit der Wände und zugleich den äussern Luftdruck zu überwinden. Wenn die Oeffnung des Behälters, durch welche die Luft hinein gelassen ist, nach der Anfüllung eine Zeitlang offen bleibt, so setzen die Elasticität der äussern und die der innern Luft sich mit einander ins Gleichgewicht, so daß die Wände, auf beiden Flächen gleich stark gedrückt, in mäßiger Ausspannung beharren. Wenn aber dann die innere Luft größere specifische

Ela-

Elasticität, also hier bei gleicher absoluter E. weniger Masse (§. 419) hat, so ist (§. 414) die innere specifisch leichter (§. 141), und wenn der Unterschied des spec. Gewichts beider Luftarten groß genug ist, so wird das mittlere spec. Gewicht (§. 58) des ganzen Behälters, (Wand und Luft zusammen genommen) doch noch kleiner seyn, als das der äusseren Luft, mithin der Behälter in der äussern Luft **aufsteigen** müssen (§. 354. 385. b.). Dieses wird so weit gehen, bis derselbe zu einer Höhe gestiegen ist, in welcher die dünnere atmosphärische Luft eine Dichtigkeit hat (§. 402), welche der mittleren Dichtigkeit des ganzen Behälters und seiner Anhänge gleich ist.

Darauf gründet sich die Verfertigung der **Aerostaten** oder **Luftballons**, hohler Behälter von Goldschlägerhaut, Leinwand, Papier, gefirnißtem Taffent, mit Luft gefüllt, die specifisch leichter ist, als die atmosphärische, bei denen, wenn sie sehr groß sind, so daß die Masse der dünnen Wände gegen die grosse Quantität der eingesperrten Luft nur ein kleines Verhältniß hat, noch ein leichtes hölzernes Korb-Schiffchen (Gondel) mit einem Paar Menschen und mehreren Geräthschaften belastet, an dem Ballon hängen kann, und dennoch das Gewicht des Ganzen geringer ist, als das eines gleich grossen Volumens atmosphärischer Luft.

Franz Lana (*prodromo dell' arte maestra.* Brescia 1670. Fol.) hatte die Idee, eine grosse kupferne Kugel luftleer zu machen, um durch deren spec. Leichtigkeit in der Luft zu schiffen. Allein ohne einer solchen Kugel eine ganz ungeheure unausführbare Grösse zu geben,

hät-

hätte die kupferne Wand so dünn seyn müssen, daß sie den äussern Luftdruck nicht hätte aushalten können.

Stephan und Joseph Montgolfier (Papierfabricanten zu Annonoy in Vivarois) erfanden im August 1782. die nach ihnen sogenannten Montgolfieren, welche nach unten eine Oeffnung haben, unter welcher ein blechernes Kohlbecken hängt, in welchem geöltes Papier, Stroh ꝛc. brennet, und die im Ballon enthaltene **Luft erhitzt** und ausdehnt, so daß sie großentheils heraustritt, die übrige aber bei einer absoluten Elasticität, welche der a. E. der äussern Luft gleich ist, viel specifisch leichter ist, als die äussere. **Pilatre de Rozier** und der Marquis **d'Arlandes** machten am 21. Nov. 1783. mit einer Montgolfiere die erste Luftreise.

Da das **brennbare Gas** so viel spec. leichter ist, als die atmosphärische Luft, so ist bei der Füllung eines Ballons mit demselben nicht einmal nöthig, erst eine Oeffnung zu lassen, durch welche die absoluten Elasticitäten von innen und aussen sich ins Gleichgewicht setzen können: auch dann, wenn die innere Luft durch das Hineintreiben bis zum Strotzen des Ballons einigermaassen zusammengedrückt ist, ist sie dennoch viel spec. leichter, als die atmosphärische.

Prof. **Charles** zu Paris und die Gebrüder **Robert** machten 1783. zuerst Ballons mit brennbarer Luft gefüllt, von Taffet mit einem Firniß aus elastischen Harz überzogen. Charles und der eine Robert machten mit einem solchen am 1. Dec. 1783. die zweite Luftreise.

Das ~~wenigste~~ und daher beste brennbare Gas zu den Aerostaten, an 13mal leichter, als die atmosphärische Luft, ist das aus bloßem Wasserdunst gemacht, der durch glühendes Eisen streicht. Das aus wäßriger Schwefel-

oder

oder Salzsäure und Zink oder Eisen gemachte ist etwas spec. schwerer, weil es mit schwererem schweflichtsaurem oder salzsaurem Gas verunreinigt ist, zerstört auch bald die Ballons.

Man übersieht leicht, wie es mit dem Steigen solcher Ballons eben die Bewandniß hat, als mit dem Steigen eines Korks ꝛc. im Wasser. Das Volumen des Ballons (in Kubikfußen) sey = v, das Gewicht eines Kubikfußes der in ihm enthaltenen Luft = h, das Gewicht des Ballons selbst sammt der an ihm hängenden Gundel und darin liegenden Last = p, so ist das ganze (absolute) Gewicht des mit Luft gefüllten Ballons = vh + p; das Gewicht eines Kubikfußes atmosphärischer Luft = A, also das Gewicht der atmosphärischen Luft, die er aus der Stelle treibt = v A. Da nun der Ballon so viel atm. Luft aus der Stelle treibt, als er selber groß ist, mithin so viel von seinem Gewichte verliert, als diese atmosphärische Luft wiegt, so hat er nur das Bestreben mit $(vh + p) - vA$ zu sinken: mithin wird er, wenn vA größer ist, als vh + p, mit $vA - (vh + p) = vA - vh - p = ((A-h) . v) - p$ steigen müssen (§. 354). (Doch ist das Volumen der anhängenden Gondel ꝛc. als unbeträchtlich gegen das eines grossen Ballons hier aus der Acht gelassen.)

Description des experiences de la machine aërostatique par M. Faujas de St. Fond. Paris 1783. 8. Premiere Suite. 1784. von **Murr** Auszug aus des Faujas de St. Fond Beschr. der aerostat. Vers. Nürnberg 1784. 8. *The history and practice of aërostatik* by Tiberius Cavallo. London 1785. 8. Deutsch. Leipz. 1786. (**Kramp**) Geschichte der Aerostatik. 1784. 8.

§. 427.

Aus der Kenntniß des hydrostatischen Drucks in Behältern unterstützten Wassers (§. 322. fgg.) und des Druckes der Luft erklärt sich die Wirkung des Hebers (*Sipho*, Σιφων). Mit diesem Namen belegt man (Tab. IV. fig. 60. 61.) eine (ringsum geschlossene, nur an den Enden offene) Röhre, deren offene Schenkel dergestalt gebogen sind, daß bei dem senkrechten Stande der Röhre ihre Mündungen a und b tiefer liegen, als der gebogene Theil m.

Am gewöhnlichen Heber sind die Mündungen a und b abwärts gekehrt; es könnten aber die Schenkel bei a und b wieder aufwärts gekrümmt seyn, und die Röhre amb würde dennoch ein Heber heissen, auch als ein gewöhnlicher Heber wirken können, wenn nur die Mündungen tiefer liegen als der geschlossene gebogene Theil m.

§. 428.

Wenn ein mit Wasser gefüllter Heber (fig. 63.) mit beiden Mündungen a und b in Wasser A und B steht, so wird der Druck der äussern Luft das Wasser in dem ganzen Heber erhalten, wofern er nur nicht über 32′ hoch ist (§. 403. fgg). Denn da der Heber im Buge x, und überall ringsum geschlossen ist, so ist jeder seiner Schenkel als eine einfache oben geschlossene Röhre anzusehen. Wenn die Wasserspiegel mn und pq gleich hoch liegen, so wird dabei das Wasser sowohl im Heber, als in den Gefäßen A und B ruhig stehen, indem die gleich

hohen Wassersäulen A und B mittelbar durch das Wasser des Hebers gegen einander drückend einander das hydrostatische Gleichgewicht halten. Wenn aber einer der beiden Wasserspiegel rs höher liegt, als der andere pq, so drückt die Säule A, vermöge des über der Ebene mnpq liegenden Wassers stärker gegen das Wasser des Hebers, als die Säule B. Daher wird das Wasser des Hebers nach B weichen, und mithin so lange von A nach B durch den Heber Wasser hinüberfliessen, bis der Wasserspiegel rs nach mn herabgesunken ist.

von Marum's Apparat bei seinen Gasometern in Gren's Journal der Physik. V. S. 154. Taf. 1. 2.

§. 429.

Sind die Mündungen a und b eines Hebers (fig. 60.) enge genug, daß die Luft nicht neben dem Wasser in den Heber hinauftreten kann (§. 404. 405), so hält, wenn dabei beide Mündungen des Hebers in einer Horizontalebene cd liegen, der gegen a und b gleiche Luftdruck die gleich stark drükkenden Wassersäulen ma und mb zurück, ohne daß es einer Sperrung der Mündung durch Wasser bedarf, (vorausgesetzt, daß die Höhe des Hebers nicht über 32′ betrage.) Wenn aber an einem solchen Heber (fig. 61.) die eine Mündung b tiefer liegt, als die andere a, so drückt die längere Wassersäule mb stärker gegen die Luft, als die kürzere ma; daher wird die ganze Wassermasse amb sich nach

nach b bewegen und das Wasser durch b aus dem Heber herausfallen. Dieses hat seinen Grund 1) in dem Gewichte des Wassers 2) in der Cohäsion der ganzen Wassermasse a m b 3) in dem Drucke der Luft, der keinen leeren Raum in m gestattet, und daher dem aus der einen Mündung b des Hebers ausfliessenden Wasser alles übrige nachschiebt.

§. 430.

Aus der Beobachtung dieser Erscheinungen und der Kenntniß ihres Grundes erhellet, warum bei dem gewöhnlichen Gebrauche des Hebers Wasser aus einem Behälter m n o p (fig. 62.) in einen Heber hinaufsteigt und durch ihn ausfließt, indem der eine Schenkel x a des Hebers in dem Wasser des Behälters steht, der andre x b aus dem Behälter hinausragt, von welchem Gebrauche der Heber den Namen hat. Dem Wasser im Heber drückt die Luft von beiden Enden gleich stark entgegen, in b unmittelbar, in a mittelbar durch das Wasser des Behälters. Aber an der innern Mündung des Hebers drückt das Wasser des Behälters, indem m n zu sinken strebt, gegen das Wasser des Hebers, und bestrebt sich dasselbe hinauf zu treiben: da diesem Drucke kein anderer in b entgegen wirkt, so fließt das Wasser des Hebers durch x b aus, und der Druck der Luft auf m n treibt immerfort Wasser aus dem Behälter nach, bis der Wasserspiegel m n nicht mehr höher liegt, als die äussere Mündung des Hebers b.

Die Bedingungen zu dieser Wirkung des Hebers sind,

1) daß der Heber vorher mit **Wasser** angefüllt sey, welches auf sehr verschiedene Weise (durch Saugen, indem er schon in dem Behälterwasser steht; durch Zusammendrückung der Luft über dem Wasser des Behälters; durch Eingiessen in die aufwärts gekehrte Mündungen, nachmaliges Umkehren und Einsenken ꝛc.) geschehen kann.

2) Daß die **Luft** (gewöhnlich die atmosphärische, sonst eine andere) gegen die Mündungen des Hebers **drücke**, um den Heber in der Anfüllung zu erhalten.

3) Daß dieser Druck auf beiden Seiten **gleichmäßig** sey. (Ungeachtet die höheren Luftschichten weniger drükken, als die niedrigeren (§. 402), so macht dieses doch, wenn auch die äussere Mündung des Hebers mehrere Fuße tiefer liegt, als der Wasserspiegel des Behälters, noch keinen erheblichen Unterschied.)

4) Daß der innere oder hebende Schenkel des Hebers **nicht höher** sey, als die Wassersäule, welche der Luftdruck tragen kann, also im gewöhnlichen Falle nicht über 32 Fuß.

5) Daß die **äussere Mündung** des Hebers **niedriger** liege, als der Wasserspiegel des Behälters. Liegen beide gleich hoch, so steht der Heber still: liegt gar die äussere Mündung höher, so fließt das ganze Wasser des Hebers nach der innern tiefer liegenden Mündung hin, so daß der ganze Heber leer wird.

An den gewöhnlichen Hebern ist zur Bequemlichkeit im Gebrauche der eine **Schenkel** beträchtlich länger, als der andere. Aber darauf kommt im wesentlichen nichts an, und ein Heber mit **gleich langen Schenkeln**, den man einen **wirtembergischen Heber** nennt, weil

Joh.

Joh. Jordan, ein Bürger zu Stuttgard, an einem solchen zuerst bemerkt hat, daß er Wasser aus einem Gefäße ins andere hin und wieder leiten könne, je nachdem der eine Wasserspiegel höher, als der andere, liegt, kann auch wie ein gewöhnlicher Heber das Wasser aus einem Gefäße ins freie hinausführen, so lange nur die äussere Mündung tiefer als der Wasserspiegel liegt. Salomon Reisel *sipho Wirtembergicus per maiora experimenta firmatus.* Stuttgard 1690. 4.

Wenn unter jenen Bedingungen das äussere Ende a eines Hebers, dessen inneres in das Wasser eines Behälters eingesenkt ist (fig. 64.), aufwärts umgebogen ist, so entsteht ein hydrostatischer Springbrunnen (§. 338). Wenn an ein mit Wasser gefülltes Gefäß A ein Heber mn, so wie es die Figur zeigt, angebracht ist, und das Wasser in A höher steht, als der Heber hoch ist, so führt der hydrostatische Druck das Wasser aus m nach x hinauf und so durch xn in das Gefäß B hinüber, bis es in B so hoch als in A steht ꝛc.

Die *fraterna caritas*, ein Wirtembergischer Heber, welcher mehrere Schenkel hat, die einen mittleren Schenkel umgeben, mit dem sie alle Gemeinschaft haben.

Der **Diabetes**, ein versteckter Heber. Der **Vexirbecher**. Anwendung auf die Erklärung des schnellern Anfüllens oder Leerwerdens einiger **Brunnen** und Seen.

Porta's Vorschlag, durch Heber das Wasser über Berge zu führen (*Pneumaticorum* III. c. 1.).

Der **pharmaceutische Heber** (*Siphon de Laboratoire*). **Siegling's** Einrichtung desselben in **Trommsdorff's** Journal der Pharmacie. VI. 1. 3.

§. 431.

Daß die Wirkung des Hebers neben dem hydrostatischen Drucke von dem Drucke der Luft abhänge, beweiset der merkwürdige Versuch, nach welchem derselbe **unter der Luftpumpe nicht fließt.**

D. h. nachdem die Luftpumpe die Luft im Recipienten für die Höhe des Hebers hinlänglich verdünnt hat. Wenn die Luftpumpe nicht genug verdünnt, dann der Heber nur niedrig ist, so daß die Luft noch immer Dichtigkeit (und davon abhängende Elasticität) genug hat, um das Wasser im Heber zu erhalten, so fließt er freilich fort. Daher die irrige Meinung einiger Physiker, welche die Wirkung des Luftdrucks bei dem Heber nicht anerkennen wollten. S. darüber **Kästners** Anmerkungen zur Markscheidekunst. Gött. 1775. 8. Vorr.

Daß dieser Versuch gut und leicht gelinge, wird erfordert, 1) ein Heber, der hinlänglich (wenigstens 6'' über dem Wasserspiegel) hoch ist, damit schon eine mäßige Verdünnung hinreichend sey; nicht zu eng, wenigstens 4''' weit ist, damit das Wasser nicht durch Anziehung an die Röhre höher erhalten werde; und nach aussen in eine feine, nur 1/2''' im Durchmesser habende Oeffnung ausläuft, damit das Wasser nicht zu schnell ausströme; 2) ein hinlänglich hoher, aber enger Recipient, 3) ein Wasserglas mit einem blechernen Deckel, der ungefähr in der Mitte ein Loch hat, in welchem der innere Schenkel des Hebers lose steckt, 4) ein (blecherner) Untersatz, etwas weiter als das Wasserglas, der das Wasser des Hebels auffängt, damit es nicht in die Pumpe fliesse, 5) ausgekochtes Wasser, weil rohes unter der Luftpumpe Luft giebt, welche die Verdünnung sehr verzögert.

§. 432.

Ein **unterbrochner Heber** (*Sipho* interruptus) (Tab. IV. fig. 65.) ist ein solcher, dessen beide Schenkel a b und c d nicht unmittelbar, sondern durch einen Behälter d e f g mit einander verbunden sind, in welchem die Luft durch Ausfliessen des Wassers aus einem Schenkel c d verdünnt wird.

Es sey der Behälter d e f g auf irgend eine Weise so hoch (bis m n) mit Wasser gefüllt, daß es nur durch den einen Schenkel c d ausfliessen, kann. Wie dieses Wasser dadurch ausfließt, so wird die Luft d e m n verdünnt, die äussere dichtere Luft treibt daher das Wasser, in welchem der Schenkel a b steht, durch diesen in d e f g hinein, das dann wieder durch c d ausfließt, u. s. f. so lange die Ausflußmündung d tiefer liegt, als der Wasserspiegel h h.

An **Kirchers** Brunnen mit **Storch** und **Schlange** (§. 399) (Tab. III. fig. 57.) ist der Kasten C mit seinen Röhren auch als ein unterbrochner Heber anzusehn.

Jeremias Mitz Maschine, Wasser in einen höher liegenden Behälter zu leiten. Casp. Schott *technica curiosa*. V. 1.

§. 433.

Den absoluten Druck der Luft, also auch die Vermehrung und Verminderung desselben zu messen, dient die Torricellische Röhre (§. 407), welche, dazu angewandt, ein **Baroskop** oder **Barometer** heißt. Der absolute Druck der Luft ist allemal dem Gewichte der Quecksilbersäule gleich, welche dieselbe in der Torricellischen Röhre tragen kann; es

zeigt daher das **Steigen** des Barometers (des Quecksilbers in der Torricellischen Röhre) an, daß der **Druck zugenommen**, das **Fallen** hingegen, daß der **Druck abgenommen habe**. Die Länge der senkrechten Quecksilbersäule, welche an jedem Ort und jedesmal die Luft trägt, heißt der **Barometerstand** (für diesen Ort und diese Zeit).

Der Name **Barometer** (Schwermesser) ist nicht ganz schicklich, da dieses Werkzeug nur das mehr und weniger des absoluten Druckes der Luft anzeigt, der nicht bloß von der Schwere, sondern auch von der Elasticität abhängt.

Pascal (§. 405) hat zuerst 1643. die Torricellische Röhre zu diesem Zwecke angewandt.

§. 434.

An den niedrigsten Orten der Erde, (an der Meeresfläche,) steht das Q. in der Torricellischen Röhre (im Mittel) 28″ 1‴. Wie man es 60′ höher bringt, fällt es um 1‴, wie man es ferner **höher** bringt, fällt es immer **tiefer**, so daß es auf hohen Bergen nur 23″, 22″,...... hoch steht. Aber je höher man es bringt, ein desto größerer Unterschied der Höhe in der Atmosphäre gehört dazu, um das Q. um eine Linie fallen zu machen. Beides hat seinen Grund in der nach oben zu immer mehr abnehmenden Dichtigkeit der Luft (§. 402).

Am Fuß des 241′ 4″ hohen Thurms der Hauptkirche in Zürich fand Scheuchzer den Barometerstand 26″ 10‴, auf demselben 26″6,5‴. (Kästner's Abh. von Hö-

hen-

henmessungen. Gött. 1775. S. 84.) Perrier am Fuß des Puy-de-Dome in Dauphiné 26″ 3,5‴, auf der Spitze 23″ 2‴. (Pascal *traité de l'équilibre des liqueurs*. p. 2.)

Einige Beispiele beobachteter mittlerer Barometerhöhe:

Ort	Höhe über der Meeresfläche in Toisen	Barometerstand	Beobachter
Auvergne:			
La Coste (Berg)	851	23″ 4‴	Scheuchzer
Mont d'Or	1040	22″ 11‴	——
Pyrenäen:			
St. Barthelemy	1190	21″ ⅓‴	Plantade
Moufflet	1289	20″ 10⅔‴	——
Canigou	1453	20″ 2¼‴	——
Quito, Stadt in Peru		20″ 1‴	Bouguer
Pic, Berg auf Teneriffa	2213	17″ 5‴	Feuillee
Pichincha, Berg in Peru	2434	15″ 11‴	Bouguer
Antisana, Vulcan in Peru	2773	14″ 7‴	Humboldt

Kästners Abh. von Höhenmessungen. S. 100. 202. fgg. Bouguer *sur les dilatations de l'air dans l'atmosphére* in den *Mem. de Paris*. 1753. Alex. von Humboldt Notizen von s. Reisen in der Cordillere der Anden mit Gilberts Anmerk. in des leztern Annalen der Phys. XVI. 4. S. 468.

Höhenmessungen mit dem Barometer, von denen hier im mündlichen Vortrage vorläufig eine Idee gegeben wer-

werden kann, aber füglich erst unten in der physikalischen Geographie geredet wird.

Diese, verglichen mit geometrischen, haben gelehrt, daß das Mariottische Gesetz noch bei beträchtlicher Verdünnung und grossen Höhen der Atmosphäre gelte. S. jedoch **Bouguer** (*sur les dilatations de l'air dans l'atmosphére* in den *Mem. de l'ac. de Paris.* 1753. und bei **de Luc's** Unters. üb. d. Atm. I. S. 291.) und **Gerstner** (in **Gren's** Journal der Physik. IV. S. 179.) Die verschiedene materielle Beschaffenheit der Luft in verschiedenen Höhen kann hier Abweichungen zur Folge haben. Bouguer fand, wahrscheinlich aus diesem Grunde, die untere Luft dichter, als sie der Regel nach seyn sollte, und kam dadurch zuerst auf die Idee von specifischer Elasticität verschiedener Luft (§. 418). Ausserdem kann es nicht bis in die höchsten Höhen der Atmosphäre gelten, weil die äusserste Luftschicht nicht mehr, wenigstens nicht mehr durch Luft, zusammengedrückt wird.

§. 435.

Sobald man auf diese Erhöhung und Erniedrigung des Barometerstandes aufmerksam geworden war, konnte nicht lange die Beobachtung verfehlt werden, daß das Barometer **an einem** und demselben **Orte** in der Atmosphäre **bald höher, bald niedriger stehe.** Man machte diese Beobachtung in sehr verschiedenen Orten der Erde, in höheren und tieferen Gegenden und fand dadurch, daß der absolute **Druck der Atmosphäre** überhaupt **veränderlich** sey. Man beobachtete zugleich, daß in den meisten Fällen auf das Steigen des Barometers

die

die Luft heiter und trocken, auf das Fallen trübe, wolkigt, feucht — werde und Regen entstehe. Daher dann der allgemein beliebte Gebrauch des Barometers unter dem Namen des **Wetterglases** auch bei solchen Menschen, denen übrigens physikalische Untersuchungen ziemlich fremd sind.

§. 436.

Welche **Ursache** das Steigen und Fallen des Barometers an einem und demselben Orte bewirken, oder, was einerlei ist, den Druck der Atmosphäre verstärken und schwächen, dieses zu erforschen, hat viele Physiker beschäfftigt, ohne daß man bis jezt darüber ganz aufs reine gekommen wäre. Vergleicht man aber die Umstände in der Atmosphäre, unter denen das Barometer steigt oder fällt, so zeigt sich, daß wohl nicht eine, sondern mehrere verschiedene entfernte Ursachen den Druck der Atmosphäre vermehren oder vermindern können, deren bald eine, bald die andere wirkt. Auch steigt oder fällt das Barometer, wenn es an einem Orte steigt oder fällt, nicht allemal an anderen Orten von gleicher Höhe, da an verschiedenen Orten der Atmosphäre oft ganz entgegengesetzte Veränderungen sich zutragen können.

§. 437.

Wenn die Dichtigkeit der Luft zunimmt, so nimmt im gleichen Verhältnisse auch ihre (expansive) Elasticität, dadurch ihr Druck auf das Barometer

zu, und umgekehrt (§. 414). **Zunahme der Dichtigkeit** ist also eine mögliche Ursache des Steigens, Abnahme der Dichtigkeit eine des Fallens (nämlich des Q. im Barometer). Wirklich zeigt auch die Vergleichung des Barometers mit dem Manometer, daß in vielen Fällen die Dichtigkeit der Luft wirklich zugenommen habe, wenn das Barometer gestiegen ist.

Das Fallen um **Mittag** und **Mitternacht**.

Daß die Luft gerade dann gemeiniglich am durchsichtigsten ist, wenn das Barometer sehr hoch steht, beweiset dagegen nichts, denn die Durchsichtigkeit hängt nicht sowohl von größerer und kleinerer Dichtigkeit, als von gleichmäßiger Dichtigkeit ab.

§. 438.

Diese Zunahme der Dichtigkeit kann erstlich dadurch erfolgen, daß an einem Orte durch entgegengesetzte **Winde** die Luft zusammengedrückt wird, so wie hingegen die Abnahme dadurch, daß von einem Orte Winde nach verschiedenen Richtungen ausgehn. Wir sehen indessen oft das Barometer fallen oder steigen, ohne daß diese Ursache zu entdecken ist.

In England steht das Barometer am höchsten beim Nordostwinde, weil daselbst beständig vom atlantischen Meere ein Südwestwind entgegen kommt. Bei uns ist beim Nord- und Ostwinde die mittlere Barometerhöhe grösser, als beim Westwinde. Es kann auch ausserdem der Wind Einfluß auf das Barometer haben, indem er entweder eine dichtere Luft herbeiführt, oder eine solche,

wel-

welche durch Vermengung mit anderer eine chemische Aenderung bewirkt.

§. 439.

Fürs andere vermindert die **Wärme** die Dichtigkeit der Luft, so auch ihre Elasticität. Zwar vermehrt die Wärme die specifische Elasticität, so daß dieselbe Masse Luft, so lange sie in den gleichen Raum beschränkt bleibt, desto mehr drückt, je wärmer sie ist: allein in der Atmosphäre ist die Luft nicht eingesperrt, wird daher durch Erwärmung sogleich über das vorige Volumen ausgedehnt, so daß ihre Dichtigkeit und absolute Elasticität abnehmen muß. Wirklich steigt auch in unseren Gegenden das Barometer bei kaltem Nordwinde fast allemal, und bei heiterem Frostwetter haben wir den höchsten Barometerstand. Daß jedoch diese Ursache nicht die einzige sey, erhellet zur Genüge daraus, weil das Steigen und Fallen des Barometers mit der Ab- und Zunahme der Temperatur nicht allemal im Verhältnisse steht, oft auch in heissen Sommertagen das Barometer viel höher, als in minder warmen steht.

§. 440.

Wenn durch eine chemische Veränderung der Luft ihr **Oxygene** vermehrt wird, so nimmt dadurch auch ihre Dichtigkeit zu, so wie hingegen durch Vermehrung des **Azote** ihre Dichtigkeit abnimmt. Vergleichung des Barometers mit dem Eudiometer und andre Beobachtungen zeigen, daß diese Ursache eine der am öftersten wirkenden sey.

Da-

Daher befinden wir uns bei dem Steigen des Barometers stärker und munterer, und es herrschen dann mehr sthenische und entzündliche Krankheiten. Huxham *opp.* Lips. 1773. p. 11.

§. 441.

Wenn an irgend einem Orte der Atmosphäre die Masse der Luft absolut vermehrt würde, so würde sie schon vermöge des größeren Gewichts stärker auf das Barometer drücken. Es würde aber dann durch den stärkern Druck der obern Luftschichten auf die unteren auch die Dichtigkeit und mithin die Elasticität größer werden. So könnte dies geschehen, wenn die Anziehung des Mondes die Atmosphäre eben so, wie das Meer bei der Fluth, erhöhete; doch lehrt die Beobachtung nicht, daß der Barometerstand zur Zeit der Fluth höher sey. Auch Winde in entgegengesetzten Gegenden in einem Theil der Atmosphäre wehend würden nicht bloß diesen zusammendrücken, sondern auch mehr Masse in diesen Theil hineinbringen.

§. 442.

Allein nicht allemal ist die Dichtigkeit der Luft vermehrt, wenn das Barometer steigt, wie Vergleichung mit dem Manometer lehrt. Es muß also wohl in diesen Fällen die **specifische Elasticität** der Luft eines Orts zugenommen haben, welches vermöge chemischer Aenderungen möglich wird. Freilich würde die bloße vermehrte spec. Elasticität die Luft ver-

verdünnen, also weniger aufs Barometer drückend machen; es kann aber zugleich die umgebende Luft vermöge des Windes oder größerer Dichtigkeit diese Luft so weit zusammengedrückt erhalten, daß wegen gleicher Masse die absolute Elasticität zugenommen hat, oder es kann zugleich die Masse der Luft zugenommen, (die Luft des Orts sich erhöhet haben,) so daß ein größeres Gewicht von Luft aufs Barometer drückt (§. 441).

§. 443.

Die häufigsten Ursachen der Aenderung des Barometerstandes scheinen die wichtigen, noch nicht hinreichend gekannten, **Processe** zu seyn, bei deren einem Wasser in **Luft**, bei deren entgegengesetztem Luft in **Wasser** verwandelt wird. Wie der in die Atmosphäre aufsteigende Wasserdunst zu Luft wird, bekommt er (expansive) Elasticität, vermehrt an dem Orte, wo dies geschieht, die Masse, mithin die Dichtigkeit und absolute Expansivkraft der schon vorhandenen Luft. Daher muß das Barometer **steigen**. Es könnte auch seyn, daß gerade dichtere Luft diesen Proceß begünstigte, also in diesem Falle allemal schon vorher die Luft von anderen Ursachen dichter würde. Wie aber der umgekehrte Proceß erfolgt, so verliert jedes Lufttheilchen, indem es in den Zustand des Wasserdunstes, dann der Wolken und des Regens übergeht, ja wie es nur anfängt, sich zu diesem Uebergange zu neigen,

gen, an seiner Elasticität. Daher muß das Barometer fallen. Da beide Uebergänge oft sehr langsam und allmälig erfolgen, so kann das Barometer schon eine beträchtliche Zeit vorher steigen und fallen, ehe diese Uebergänge durch andere Wirkungen merklich werden.

Es ist hier nach **de Luc** geredet; nach **de Saussüre** und **Zylius** müßte man sagen: „**Wasser in der Luft** aufgelöset, — **Wasser aus der Luft** niedergeschlagen wird. Für die Wirkung auf das Barometer ist dies aber einerlei, weil, sobald das Wasser nicht mehr als bloßer Wasserdunst mit der Luft vermengt, sondern in der Luft wirklich aufgelöset ist, es eben so mit der Luft elastisch wird, wie ein Salz mit dem Wasser liquid. Es kann aber dieser Gegenstand erst in der physikalischen Geographie und Meteorologie weiter ins Licht gesetzt werden, nachdem man sich mit der Lehre vom Wasser 2c. bekannt gemacht hat.

§. 444.

Das bloße **Aufsteigen von Wasserdünsten** in die Luft, die aber nicht in der Luft aufgelöset werden, muß ein Fallen des Barometers verursachen, weil diese Raum einnehmen, und daher Luft von dem Orte, wo dies geschieht, wegdrängen, selbst aber eine viel geringere Expansivkraft, als Luft.

§. 445.

Man muß in der Erwägung aller dieser Ursachen unter möglich und wirklich wohl unterscheiden, und daher von fleissigen und genauen lange fortgesetzten

setzten Witterungsbeobachtungen nach Barometer, Manometer, Thermometer, Hygrometer, Eudiometer ꝛc. fernere Aufschlüsse erwarten. Wahrscheinlich wirken alle diejenigen dieser möglichen Ursachen, welche in der That wirken, bald **abwechselnd**, bald **zugleich**, bald die eine, bald die andere, **mehr**. Ohne dies anzunehmen, läßt sich nicht erklären, wie bei **derselben** offenbaren Aenderung der Atmosphäre an einem Orte, einmal das Barometer viel steigt, ein anderesmal wenig, wieder ein anderesmal fällt ꝛc.

Ueber das Fallen oder doch geminderte Steigen um Mittag und Mitternacht. Hemmer vom Einfluß der Sonne auf das Barometer in Gren's Journ. der Physik. II. S. 218.

§. 446.

Sehr merkwürdig und noch nicht befriedigend erklärt ist es, daß **unter dem Aequator** die Barometerveränderungen viel weniger beträchtlich sind, als nach den Polen zu, obwohl zwischen den Wendekreisen ein beständiger Ostwind herrscht, der durch andere Winde nur geschwächt oder etwas anders gerichtet wird, auch die Wärme beständiger ist, und überhaupt die Witterung weniger wechselt.

de Gentil *voyage aux Indes orientales*. I. p. 526. Cassan meteorolog. Beobacht. in der heissen Zone (in Gren's Journal der Phys. III. S. 108.).

Eine krit. Untersuchung aller älteren und neueren Hypothesen über die Ursachen der Barometerveränderungen s. in de **Luc** Unters. über die Atmosphäre. I. S. 106. fgg.

§. 447.

Soll der Druck der Luft mit einem Barometer genau gemessen werden, so muß dasselbe gewisse Eigenschaften haben, durch welche dieses möglich wird. Die Röhre des Barometers muß äusserst **trocken** und **rein** seyn; daß sie durchaus von gleichem Durchmesser sey, ist im allgemeinen nicht nöthig; ihre Weite ist am besten 2''' im **Durchmesser**, indem in engeren Röhren das Quecksilber (wegen der grösseren Oberfläche nach Verhältniß der Masse) durch die Anziehung (zumal in ausgekochten) mehr am Sinken gehindert wird, in weitern aber bei dem Forttragen viel leichter Luft sich einschleicht, auch das Auskochen leichter durch Zersprengung mislingt. Die Glasdicke von $\frac{1}{2}$''' ist dazu stark genug; dickere Röhren sind dem Zerspringen bei dem Auskochen leichter ausgesetzt. Das eine Ende muß an der Lampe in eine halbkuglichte Wölbung zugeschmolzen werden. Das Quecksilber muß ganz **rein** von fremden Metallen seyn *), weil bleihaltiges rc. minder flüssig ist, sich leicht oxydirt und dann anhängt, auch als spec. leichter bei gleichem Luftdrucke eine andere Höhe hat. Man muß, um es von Luft und Feuchtigkeit gewiß zu befreien, es erst in einer Retorte eine kurze Zeit sieden lassen, dann die Röhre damit füllen, indem man es, um Oxyd oder andern Staub zurück zu halten, durch eine papierene Dute mit sehr feiner Mündung in die schräg liegende Röhre laufen lässet, und endlich noch in der Röhre vorsichtig

auskochen, damit alle beim Eingiessen eingefangene und an der Oberfläche des Quecksilbers haftende Luft entfernt werde. Endlich muß die ganze Röhre auf einer ganz ebenen Fläche eines Brettes in einer Rinne liegend befestigt, und neben der Quecksilbersäule (parallel mit ihr) eine in Pariser Zolle und Linien genau abgetheilte Scale verzeichnet seyn.

Die ausgekochten Barometer sind weit vorzüglicher, als die gewöhnlichen, welche, wenn sie auch übrigens luftleer sind, doch wenigstens eine höchst dünne der Quecksilbersäule anhängende Luftschicht enthalten, von der nach und nach beim Aufheben des Barometers etwas in die Torricellische Leere übergeht. Sey dies auch noch so wenig, so macht es doch, daß das Q. in einem solchen Barometer immer etwas niedriger, als in einem ausgekochten steht. Ausserdem ändert sich in einem nicht ausgekochten Barometer die Länge der Q.säule wegen der anhängenden Luft von Wärme und Kälte weit beträchtlicher, als in einem ausgekochten ab, wodurch, da auch die in der Torricellischen (seyn sollenden) Leere schon hinaufgestiegene Luft von Wärme und Kälte leidet, sehr unregelmäßige Aenderungen des Barometerstandes bewirkt werden. Indessen hat ein nicht ausgekochtes den Vortheil, leichter beweglich zu seyn. An meinem ausgekochten Barometer bleibt, nachdem es horizontal gelegen, und senkrecht aufgerichtet wird, die Q.säule, am Glase haftend, hangen, bis durch Anschlagen die Ablösung befördert ist, und dann das Q. auf die Höhe von 27″ rc. herabsinkt (§. 407).

*) Ich bediene mich zum Füllen der Barometer des aus seinem rothen Oxyd hergestellten Quecksilbers.

§. 448.

Was die Gestalt des Barometers betrifft, so ist zu genauen Beobachtungen am besten das Heberbarometer (*Baromètre à siphon*) (Tab. III. fig. 52.), welches die Gestalt eines umgekehrten Hebers hat, mit dem Unterschiede, daß das Ende v des einen (langen) Schenkels c zugeschmolzen, nur das Ende des anderen kürzern d offen ist. Ein solches muß aber calibrirt, wenigstens bei m und n, wo es steigt und fällt, von gleicher Weite seyn, damit es in m genau um so viel falle oder steige, als es in n steigt oder fällt. Da in einem solchen Barometer die Säulen mx und vx einander hydrostatisch das Gleichgewicht halten, so ist nur die Säule vn das Maaß des jedesmaligen Luftdrucks. Da aber m, bei jedem Steigen und Fallen der Säule vn, selbst geändert wird, so muß man die Scale von unten, (von x,) an hinaufführen, jedesmal die ganze Höhe xn messen, und die Höhe xm davon abziehen, dann ist vn (oder xn—xm) der Barometerstand.

Man kann das Heberbarometer auch so einrichten, daß die ganze Röhre auf und nieder beweglich ist, so daß der Spiegel des kürzern Schenkels allemal auf Null geschoben werden kann. Dieses hat noch den Nutzen, die Röhre ein wenig zu erschüttern, und die Anhaftung des Q. aufzuheben.

Eine Röhre calibriren heißt untersuchen, ob sie durchaus gleichen Durchmesser habe. Dies geschieht bei sehr engen, zu Thermometern brauchbaren, Röhren, indem man die noch an beiden Enden offene Röhre senkrecht

in Quecksilber taucht, das einige Zoll hoch in einem Gefäße steht, dann unten mit einem Finger zuhält, die Röhre horizontal an einen Maaßstab legt, und die Länge der eingelassenen Quecksilbersäule misset; darauf die Röhre abwechselnd neigt und wieder hinlegt, so daß das Q. nach und nach durch die ganze Röhre fortgeht, und jedesmal misset, ob die Q.säule noch dieselbe Länge habe. Bei **weiteren** zu Barometern brauchbaren Röhren muß man ein Ende verstopfen, und in die senkrecht stehende Röhre aus einem kleinen Maasse einzelne gleiche Quantitäten Q. sorgfältig hineinfliessen lassen; dabei Acht geben, ob die gleiche Quantität durchgängig die gleiche Länge einnimmt. Wenn die Röhre sehr weit ist, so kann man einen an einem Faden befestigten dünnen Kork hineinstecken, einen halben Zoll hoch Q. darauf giessen, den Kork langsam durchziehen und Acht geben, ob das Q. durchgängig dieselbe Länge behält.

§. 449.

Die Bequemlichkeit, mit einem male den Barometerstand messen zu können, haben die **Gefäßbarometer** (fig. 51.). Die Torricellische Röhre mn ist an ihnen gerade und mit dem untern offenen Ende in Quecksilber gesenkt, das in einem Gefäße AB enthalten ist. Man nimmt die Ebene des Spiegels (Niveau) AB für beständig an, setzt daher in n den Anfang der Scale und misset jedesmal nur die Höhe der Säule an. Allein man darf nur dann (und selbst dann nicht in aller Schärfe) AB als einen beständigen Stand annehmen, wenn die Weite des Gefäßes AB viel (wenigstens 1000mal) größer ist, als die Weite der Röhre, indem dann, wenn auch

ab um einen ganzen Zoll steigt, doch AB nur um 0,001″ (um den tausendsten Theil eines Zolles) fällt und umgekehrt.

Die gemeinen **Barometer** haben eine umgebogene Röhre, wie das Heberbarometer (fig. 52.), aber am kurzen Schenkel ein kleines Gefäß, in das er sich erweitert. Man zählt auch an diesen von einem bestimmten Puncte, obwohl der Spiegel des Q. im Gefäßchen vielleicht nur 20mal größer ist, als der Durchschnitt der Röhre. Natürlich gewähren diese keine Genauigkeit.

Prins's Gefäßbarometer, in welchem die Höhe des Spiegels ungeändert bleibt. **de Lüc** Unters. über die Atmosphäre. I. S. 61.

Eine bloße Torricellische Röhre (fig. 53.) würde man, wenn sie kylindrisch wäre, gar nicht brauchen können. Denn, sobald der Druck der Luft schwächer würde, als daß er die Q.säule qr tragen kann, würde durch das Sinken etwas Quecksilber herausfallen, bis die Säule nur noch so lang wäre, dem Luftdrucke das Gleichgewicht zu halten und sobald er stärker würde, würde er die ganze Säule bis ans geschlossene Ende q hinauf treiben. Aber in Amonton's **konischem** Barometer, welches er zum **Meerbarometer** empfohlen hat, ist die Höhle der Röhre (sehr allmälig abnehmend) konisch: unter dieser Bedingung kann die Q.säule in der Röhre steigen und fallen: wie sie steigt, kommt sie in einen engeren Raum, und wird länger; nachdem sie lang genug geworden, dem stärker gewordenen Luftdrucke das Gleichgewicht zu halten, steht sie still: wie sie fällt, kommt sie in einen weitern Raum und wird kürzer; nachdem sie kurz genug geworden, um nicht mehr stärker zu drücken, als der nun schwächer gewordene Luftdruck, so steht sie

still

still ꝛc. Amontons *remarques et experiences sur la construction d'une nouvelle clepsydre, sur les Baromètres, Thermomètres et Hygromètres.* Paris 1695. 12.

§. 450.

Bei den Beobachtungen am Barometer muß man es genau senkrecht hängen, wozu ein in dem Brette befestigtes Pendel dient, und jedesmal durch ein gelindes Anschlagen, (zumal am kürzern Schenkel des Heberbarometers,) das Anhaften lösen.

Vermeidung der **Parallaxe.**

Von der Berichtigung wegen der verschiedenen Wärme s. unten im Kap. von der **Wärme.**

Musschenbroek's Methode, die Barometerveränderungen aufzuzeichnen in s. *diss. phys.* Lugd. 1729. 4. p. 673.

Changeux **Barometrograph.**

§. 450.b.

Da das Volumen eines in einem Gefäße eingesperrten Gas, auf das mittelbar (durch Wasser, Quecksilber ꝛc. wie in der pneumatischen Wanne) oder unmittelbar die äussere Luft drückt, von der Grösse dieses Drucks bestimmt wird, und nach dem Mariotteschen Gesetze im umgekehrten Verhältnisse dieses Druckes steht (§. 415. 57.), so muß man, wenn die Volumina (und dadurch absolutes, specifisches, Gewicht, specifische Elasticität —) verglichen werden sollen, dieselben bei gleichem Barometerstande, d. h. bei gleichem äusseren Luftdrucke vergleichen, oder

oder einmal für allemal einen gewissen **Normalstand** des Barometers annehmen, für den die Volumina gelten sollen, und dann durch eine **Correction**, das gemessene Volumen (§. 425.) auf das Volumen für den Normalstand des Barometers bringen.

Es sei das izt gemessene Volumen V, das daraus zu dem Normalstand b des Barometers zu findende Volumen v, der gegenwärtige Barometerstand B, so ist

$$b : B = V : v$$

z. E.

$$28'' : 27''6''' = 14'' : 13{,}75''$$

§. 451.

Um die Barometerveränderungen **merklicher zu machen**, so daß ein kaum merkliches Steigen oder Fallen, welches im gewöhnlichen Barometer nur 0,1''' beträgt, zehnmal so viel, also 1''', oder noch mehr betrage, mithin merklich genug werde, hat man verschiedene Einrichtungen vorgeschlagen, theils auch ausgeführt. Allein die meisten derselben haben beträchtliche Mängel in Rücksicht auf die Gleichmässigkeit des Steigens und Fallens bei gleicher Zu- und Abnahme des Luftdrucks, und der Einfluß der Wärme ist bei ihnen schwieriger zu berechnen, so daß sie zu genauen Beobachtungen nicht taugen, und keines von den bisher bekannt gewordenen darf dem Heberbarometer an die Seite gesetzt werden, welches bis izt das einzige zu genauen Beobachtungen taugliche bleibt.

Hook's Radbarometer (*Wheel-barometer*). Morland's Barometer, (an dem der oberste Theil der Röhre, wo das Q. steigt und fällt, schief liegt,) Bernoulli's rechtwinklichtes Barometer (*Barométre à l'équerre*), dessen senkrechte Röhre unten in eine rechtwinklichte umgebogen ist.

Huygen's Doppelbarometer (eine verbesserte Idee des Cartes, welche an sich unausführbar war), noch weiter von Hook verbessert ꝛc. Fr. Luz vollständ. Beschreib. von allen Barometern. Nürnberg und Leipz. 1783. 8. de Luc Gesch. des Barometers in s. Untersuchungen über die Atmosphäre. Leipz. 1776. I. S. 17 fgg. Wichtig sind Herrn Prof. Schmidt in Giessen Bemerk. über das Huygenssche Doppelbarometer in Gilberts Annalen. XIV. 2. S. 199.

Beschreibung einiger neuen Barometer von L. A. v. A. in Gilberts Annalen der Physik. II. 3. S. 311.

Wilson's Vergrößerung der Empfindlichkeit. Voigt's Magazin für Naturkunde. V. 3. S. 248.

§. 452.

Zu den Höhenmessungen werden **tragbare** oder **Reisebarometer** erfordert, welche sich bequem und sicher von einem Ort zum andern tragen lassen, ohne daß man Eindringen von Luft ꝛc. zu besorgen hat.

de Luc's Reisebarometer ist ein Heberbarometer, dessen kurzer Schenkel mit einem Hahn gesperrt wird, nachdem man durch Neigen das Q. bis an das geschlossene Ende der Röhre hat hintreten lassen. Es gehört dazu, um es senkrecht zu stellen, ein dreifüßigtes Stativ. Unters. über die Atmosphäre. II. §. 464. Blondeau's

Meerbarometer. **Lichtenberg's** Mag. für das neueste aus der Physik. I. 3. S. 80. **Passement's** umwundenes Meerbarometer. **de Luc** Unters. über die Atmosphäre. I. S. 59. **Haas's** Reisebarometer. **Voigt** in **Gilbert's** Annalen der Physik. IV. 4. 456. **v. Humboldt's** Reisebarometer. **Gilbert's** Annalen der Physik. II. 3. S. 321. **Gödeking's** Reisebarometer. Ebend. S. 324. und **Scherer's** allg. Journal der Chemie. II. 1. S. 324. **Rodig's** sehr einfaches — **Gilberts** Ann. VI. 4. S. 445. **Benzenberg's** — Ebend. IX. 4. S. 461. **Maignés** — Ebend. XV. 4. 463.

* * *

Recherches sur les modifications de l'atmosphère par Jean André de Luc. à Geneve. I. II. 1772. 4. Ins Deutsche übers. Leipz. I. 1776. II. 1778. 8.

§. 453.

Die Dichtigkeit der Luft zu messen, dient ein Werkzeug, das man ein **Manometer** (*Manometrum, Dasymetrum*) nennt. Es besteht aus 1) einem hinlänglich starken, doch leicht beweglichen, gleicharmigten Wagebalken (§. 246), an dessen einem Ende 2) eine hohle kupferne Kugel, von so dünnem Kupfer, als möglich, etwa 1′ im Durchmesser, höchst genau verschlossen; 3) an dessen anderem Ende ein solides länglichtes Bleigewicht hängt, das viel länger, als dick ist, und der Kugel bei mittlerer Dichtigkeit das Gleichgewicht hält. Bei dem Bleigewichte kann man, wegen seines grossen spec.

spec. Gewichts, den Widerstand der Luft als unbeträchtlich annehmen (§. 306); bei der hohlen Kugel aber ist er sehr beträchtlich (Ebend. und §. 353. 362. b.), und zeigt daher einen merklichen Unterschied, je nachdem die Luft lockerer oder dichter wird. Wie die Luft **lockerer** wird, so sinkt die Kugel, wie jene **dichter** wird, so steigt sie. Zur Messung des Unterschieds dient entweder das Zulegen und Abnehmen kleiner Gewichtchen an dem Gegengewichte, bis das Gleichgewicht hergestellt ist, oder das Verschieben eines Laufgewichts am Arme des Gegengewichtes, daß man der Unterlage näher rückt oder mehr von ihr entfernt (223). Vergleichung dieses Werkzeuges mit dem Barometer ergiebt, ob der vermehrte oder verminderte Druck der Luft auf dasselbe von vermehrter oder verminderter Dichtigkeit herrühre (§. 433.).

Otto von Guericke hat dieses Manometer angegeben (*exp. nova Magdeburgica de vacuo spatio* p. 114).

Wenn das Werkzeug recht brauchbar seyn soll, so muß die Kugel, so viel als möglich, ausgepumpt werden. Zumal dafür ist dann freilich eine kupferne sicherer, als eine gläserne.

Eine treffliche Anwendung bei Höhenmessungen, auch um das absolute und spec. Gewicht der Luft zu finden, s. in **Gerstner's** Abh. über den Gebrauch der Luftwage bei Höhenmessungen in **Gren's** Journal der Physik. IV. S. 172.

§. 454.

Unter einer **Pumpe** (*Antlia*) überhaupt versteht man ein Werkzeug, welches dazu dient, eine flüssige Materie aus einem Behälter heraus oder in denselben hinein zu drücken. Ihre wesentlichen Theile (Tab. IV. fig. 68.) sind 1) der **Stiefel**, ein hohler Kylinder mnop, 2) der **Kolben** oder **Stempel** (*Embolus*, Piston) cd, in solider Kylinder, dessen Dicke der Weite des Stiefels gleich, kaum ein wenig kleiner ist, und um regiert zu werden, einen starken langen Stiel (**Kolbenstange**) hat, 3) **Hähne** oder **Ventile**, welche dazu dienen, die flüssige Materie durchzulassen oder zu hemmen.

§. 454.b.

Ein **Hahn** (*Epistomium*, Robinet) (fig. 69), besteht aus einem konischen Zapfen (Hahnschlüssel) ab, der eine Röhre dermaassen queer verschließt, daß er genau in eine abgekürzte konische Durchbohrung cdef paßt, welche queer durch jene Röhre geht. Der Schlüssel des Hahns ist queer durchbohrt: wenn er so steht, so ist die Röhre offen; wie er aber um einen Quadranten gedreht wird, so daß seine Durchbohrung mit der Röhre einen rechten Winkel macht, so ist die Röhre gesperrt.

§. 454. c.

Ein **Ventil** (*Ventilium*, Soupape) im allgemeinen ist eine Vorrichtung, welche eine Oeffnung eines Behälters dermaassen bedeckt, daß sie einem flüssi-

flüssigen Körper den Durchgang nach einer Richtung gestattet, nach der entgegengesetzten aber hemmt.

§. 455.

Schon seit langer Zeit kennt man die **Saugpumpe** (fig. 66.), vermöge deren man Wasser auf eine gewisse Höhe heben kann. Im Boden des Stiefels p o sey ein **Klappenventil** v, d. h. eine Klappe oder Deckel, der in einem Gewinde beweglich ist, nur aufwärts gegen den Stiefel sich öffnet, aber nicht abwärts gegen die Saugröhre t s und um die Oeffnung i genau schliessen zu können, mit Leder oder Filz unterlegt ist; oder ein **Kegelventil** k (fig. 67.), d. h. ein abgekürzter Kegel, der in die ebenfalls kegelförmige Oeffnung paßt. Wie der Kolben in die Höhe gezogen wird, so entsteht in L ein luftleerer Raum: die Luft in der Saugröhre t r stößt, vermöge ihrer Elasticität, das Ventil v auf und dringt in L, so weit bis die Luft in der Saugröhre und in dem Stiefel gleiche Dichtigkeit haben, wird aber dadurch viel lockerer, als die äussere Luft; der Druck der äussern Luft treibt das Wasser a b, in welchem die Saugröhre steht, in die Saugröhre hinein. Wie der Kolben wieder heruntergeht, so kann die Luft L nicht wieder durch v heraus, sondern drückt selbst das Bodenventil zu, und versperret sich den Weg: dringt aber dagegen durch das Kolbenventil w, welches auch nur nach oben beweglich ist, so daß der Kolben sich ungehindert

dert durch die Luft durchschiebt. Wie er wieder in die Höhe geht, schiebt er die Luft, welche einmal über ihm ist, hinauf u. s. w. Nachdem auf diese Weise alle Luft der Saugröhre in den Stiefel geschafft worden, steigt das Wasser bis an den Stiefel; nachdem dann auch alle Luft, die zwischen dem Boden des Stiefels und dem Kolben war, über den Kolben hinauf geschafft worden, steigt durch das fortgesetzte Spiel des Kolbens (*jeu de piston*) das Wasser bis zum Kolben, endlich durch den Kolben, bis es aus x ausfließt. Die Höhe vom Wasserspiegel a b bis zum höchsten Hub des Kolbens darf in den niedrigsten Gegenden nicht über 30 Fuße, an höheren Orten muß sie nach Maaßgabe des Barometerstandes (§. 434) niedriger seyn.

Der Kegel des Ventils (fig. 67.) muß an seinem schmalen Ende einen Riegel r s haben, der ihn hindert, in den Stiefel ganz hineinzufahren und umzuschlagen. Ist die Höhe des Kegels viel kürzer, als sein Durchmesser, so heißt das Ventil ein **Muschelventil**; an diesem muß die schmalere Endfläche einen Stiel mit solchem Riegel haben. Bei dem **Kugelventil** ist die Höhle des Ventils halbkuglicht, der verschliessende Körper eine Kugel ꝛc.

§. 456.

Hingegen ist die **Luftpumpe** (*Antlia pneumatica*) eine Erfindung neuerer Zeit. Man benennt jezt mit diesem Namen ein Werkzeug, welches so eingerichtet ist, daß man damit die in einem Behälter eingeschlossene Luft verdünnen oder verdichten kann.

kann. Eine vollkommene Luftpumpe muß beides leisten können. Aber das unter diesem Namen erfundene Werkzeug hatte eigentlich die Bestimmung, die Luft zu verdünnen, nachdem man die Verdichtungs- (Compressions-) Pumpen schon länger gekannt hatte. Daher werden diejenigen Pumpen, welche bloß verdünnen, doch schlechtweg Luftpumpen genannt.

Die zur Verdünnung der Luft dienende **Luftpumpe** erfand **Otto von Guericke**, Burgermeister zu Magdeburg, im Jahr 1650, und zeigte seine damit anzustellenden merkwürdigen Versuche 1654 dem deutschen Kaiser und einigen deutschen Fürsten auf dem Reichstage zu Regensburg. Ottonis de Guericke *experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio*. Amstel. 1672. Fol. Caspar Schott *mechanica hydraulico-pneumatica*. Herbip. 1657. 4. Append. und *Technica curiosa*. Herbip. 1664. 4.

Robert Boyle lernte durch diese Schriften das neue Werkzeug kennen, ließ es in England verfertigen, brachte verschiedene Verbesserungen an demselben, und stellte selbst lehrreiche Versuche mit ihm an. (*Nova experimenta physicomechanica de vi aëris elastica*. In *opp.* I.). Daher nennen, obwohl **Boyle** selbst nie Anspruch auf die Erfindung desselben gemacht hat, mehrere Physiker und selbst Deutsche, die mit der Luftpumpe hervorzubringende Leere die Boylesche **Leere** (*Vacuum* Boyleanum), da sie doch von Rechtswegen die Guerickische **Leere** (*Vacuum* Guerickianum) heissen muß.

Ueber die Versuche der Florentiner Akademie in der **Torricellischen Leere** (§. 407) vor Erfindung der Luftpumpe.

pe. *Tentamina experimentorum naturalium captorum in academia del Cimento.* Vers. lat. Vienn. 1756. 4. p. 23. sqq.

§. 457.

Der **Stiefel** mnop einer Luftpumpe (fig. 68.), im allgemeinen am besten von dickem (nicht etwa löchrigem) Messing, muß höchst genau kylindrisch hohl (sorgfältig ausgebohrt) seyn. Der **Kolben** oder **Stempel** cd, von Filzscheiben, oder von Messing mit Leder überzogen, (am besten elastisch, um eine messingene Spindel mit Pferdhaaren ausgefüllt, dann mit Leder überzogen), muß so genau in die Höhle des Stiefels schliessen, daß er, hinlänglich geölt, zwar nicht schwer auf und niedergeht, aber doch keine Luft zwischen sich und dem Stiefel durchläßt; und sowohl die innere Fläche des Stiefelbodens po, als die untere Fläche des Kolbens müssen ganz eben und glatt seyn, um genau auf einander zu passen. Die Kolbenstange kann, gezahnt, mit einem Stirnrade (Getrieb) aufgezogen, in einem senkrecht stehenden Stiefel mit einem Steigbügel niedergetreten werden. Von dem Stiefelboden geht der **Hals** fg aus, an dessen Ende g bei vielen Versuchen ein ganz ebener glatter Teller vx angeschraubt wird. Auf diesen werden die zu den meisten Versuchen dienenden glockenförmigen **Recipienten** gesetzt, welche eine gewölbte Gestalt haben müssen, um den Druck der äussern Luft aushalten zu können. Für andere Versuche kann der Teller bei g abgeschraubt und ein

kug-

kuglichter Recipient an den Hals geschraubt werden (fig. 71.).

Der Kolben muß hinlänglich (3″) lang seyn, um das Einschleichen der Luft zwischen Kolben und Stiefel zu erschweren; jedesmal vor dem Gebrauche gut geölt, die Fugen des Halses und anderer bei einigen Luftpumpen mit dem Halse verbundener Nebenkanäle müssen zwischen den zusammenschliessenden Schrauben und Schraubenmuttern mit wohl geölten Lederscheiben belegt werden, um der äussern Luft den Zugang zu wehren. Die glockenförmigen Recipienten müssen an dem Rande, mit dem sie auf dem Teller aufstehen, recht eben geschliffen seyn: dann muß dieser Rand mit ausgewaschenem und durch gelindes Schmelzen wohl ausgetrocknetem Schweinsfett (dem man ein wenig Wachs und Terpentin zugesetzt hat) bestrichen werden.

Die glockenförmigen Recipienten sind am sichersten ganz geschlossen, ausgenommen ihre weite Mündung, mit der sie auf dem Teller stehn, und haben dann im Scheitel ihres Gewölbes einen Knopf zum Anfassen. Zu gewissen Versuchen aber sind solche nöthig, die im Scheitel einen **Wirbel** haben, d. h. eine runde Oeffnung im Glase mit parallel auf einander liegenden durchbohrten und geölten Lederscheiben ausgefüllt. Durch die Durchbohrung geht eine messingene Stange, welche geölt sich auf- und niederschieben läßt, ohne Luft durchzulassen.

Sowohl bei Ventil- als bei Hahnpumpen ist ein besonderer einfacher **Hahn** unter dem Teller nöthig, damit man die verdünnte oder verdichtete Luft eingesperrt forttragen kann.

§. 458.

Indem (fig. 68.) der Kolben cd, der bisher auf dem Stiefelboden po auffaß, nach mn hinaufgezogen wird, so daß zwischen ihm und dem Kolben cd ein leerer Raum entstehen würde, wenn zu diesem keine Luft Zugang hätte, so dehnt die Luft des Recipienten R sich vermöge ihrer expansiven Elasticität aus, und fährt durch den Hals in den Stiefelraum S, bis die Luft in R und S gleiche Dichtigkeit haben. Wenn dann die Luft aus S fortgeschafft, der Kolben wieder auf den Stiefelboden aufgesetzt, und derselbe Aufzug wiederholt wird, so dehnt die Luft, welche vorher in R blieb, abermals in R und S sich aus. Je öfter dieses wiederholt wird, desto mehr wird von der Recipientenluft weggenommen, und da der Rückstand allemal wieder den ganzen Recipienten ausfüllt, desto mehr dieselbe **verdünnt**. Wenn hingegen die Pumpe so eingerichtet ist, daß sie bei dem Aufziehen des Kolbens Luft von aussen einfängt, die dann beim Rückgange desselben in den Recipienten geschoben wird, so wird die Luft im R. **verdichtet** (§. 388. 389).

Bei der Verdichtung kann man die lose aufsitzenden Recipienten (fig. 68.) nicht gebrauchen, sondern muß geschlossene (fig. 71.) haben, welche mittelst eines Halses auf das Ende des Halses der Luftpumpe aufgeschraubt werden, oder die glockenförmigen mit einer pressenden Vorrichtung an den Teller andrücken.

§. 459.

§. 459.

Es kommt bei der Verdünnung darauf an, jedesmal die Luft, welche aus dem Recipienten in den Stiefel gegangen, wegzuschaffen, damit sie bei dem Rückgange des Kolbens nicht wieder in den Stiefel trete. Dies geschieht am sichersten durch einen Senguerdschen **Hahn**. Dieser hat ausser der gemeinen Durchbohrung queer durch seine Axe (fig. 69.) noch eine zweite n m (fig. 70.): diese geht um einen Quadranten von jener erst queer gegen die Axe des Hahns, dann gekrümmt nach dem breiten (oder auch schmalen) Ende des Hahnes hin in die freie Luft hinaus. Vermöge dieser Einrichtung dient ein solcher Hahn statt zweier, und man kann mit Luftpumpen, welche einen solchen Hahn haben (**Hahnpumpen**), die Luft im Recipienten sowohl verdichten als verdünnen.

Wenn man (fig. 68.) beim Aufziehen des Kolbens nach m n den Hahn so stellt, wie fig. 69, so tritt die Luft des Recipienten in den Stiefel. Man drehe ihn nun um einen Quadranten, so daß er, wie fig. 70. steht, und schiebe den Kolben nach o p zurück; so kann die Stiefelluft nicht wieder zum Recipienten, sondern geht durch m in die freie Luft hinaus. Man stelle den Hahn wieder wie fig. 69, ziehe den Kolben wieder auf u. s. w. So wird die Luft im Recipienten **verdünnt**.

Wenn hingegen beim Aufziehen des Kolbens nach m n der Hahn, wie fig. 70. doch mit n nach dem Stiefel zu steht, so fängt man in den Stiefel äussere Luft. Man drehe ihn um einen Quadranten, so daß er, wie fig.

69. steht, und schiebe den Kolben zurück, so kann die Stiefelluft nicht wieder hinaus, sondern geht in den Recipienten. Man stelle den Hahn wieder, wie fig. 70. ziehe den Kolben wieder auf u. s. w. So wird die Luft im R. **verdichtet.**

Da seit Senguerd und Wolff diese **Hahnpumpen** in Deutschland allgemein im Gebrauche waren, so werden sie oft **deutsche** Luftpumpen genannt.

Sehr nützlich ist (fig. 68.) das von **Nollet** angegebene Ventil: eine Feder w, mit geöltem Leder unterlegt; indem es zwar der Stiefelluft den Ausgang in die freie Luft gestattet, aber der äussern den Eingang verwehrt. Ohne dieses dringt, sobald die Luft im R. also auch jedesmal im Stiefel verdünnt ist, so oft der Hahn wie fig. 70. steht, äussere Luft in den Stiefel, die den Rückgang des Kolbens gar sehr erschwert.

§. 460.

An den **Ventilpumpen** (fig, 71.) wird eben dieses durch Ventile, an den meisten Arten durch Blasenventile (fig. 72.), verrichtet. Ein **Blasenventil** besteht aus 1) einer messingenen **Scheibe,** deren Umfang eingekerbt ist, so daß ein Faden herumgewunden werden kann, und welche in der Mitte eine Oeffnung e hat, dann 2) einem viereckigten Stück **Haut** (Harnblase oder besser Wachstaffent), dessen Zipfel a, b, c, d, in die Kerbe des Umfangs festgebunden werden. Solch ein Ventil liegt auf dem Boden des Stiefels in w w (**Bodenventil**), die Seite, auf der die Haut liegt, nach dem Kolben zu; und ein anderes (**Kolbenventil**) in dem Kolben,

ben, in v v auf dem Stücke d c, das bei d und c vom Stücke ab abgeschraubt und wieder angeschraubt werden kann.

Wenn der Kolben nach m n hinauf geht, so dringt die Luft aus dem Recipienten R in den Stiefel, indem sie das Bodenventil w w aufhebt, dadurch wird die Luft des Recipienten verdünnt. Wie aber der Kolben nach p o hinuntergeht, so kann die Luft, vermöge der Lage des Bodenventils w w, nicht wieder hinaus; sie geht hingegen, das Kolbenventil v v aufstoßend, durch die Kanäle e s und r z des Kolbens durch, so daß sie, wenn der Kolben den Boden wieder erreicht hat, sich ganz über den dem Kolben befindet. Wie der Kolben wieder in die Höhe gezogen wird, und die Luft des R. abermals verdünnt, so schiebt er die über ihm stehende Luft zum Stiefel hinaus.

Man nennt diese Pumpen (von **Hawkobee** her) gewöhnlich **englische**, obwohl schon **Otto von Guericke's** Luftpumpe Ventile hatte.

Bei diesen Pumpen leistet ein Ventil f im Deckel m n des Stiefels eben das, was bei jenen das Hahnventil leistet.

Die Blasenventil-Oeffnung e (fig. 72.) ist am besten gegittert, damit die Haut innerhalb der Oeffnung Unterstützung habe, und nicht durch den Luftdruck zu stark gedehnt werden könne.

§. 461.

Um jedesmal nach geendigtem Versuche die Luft wieder unter den Recipienten zu lassen, darf man bei den Hahnpumpen nur den Hahn so drehen, daß (fig. 70.) die Oeffnung n nach dem Recipienten zu

steht,

steht, damit die äussere Luft mit demselben Gemeinschaft erhalte. Bei Ventilpumpen dient dazu ein besonderer Kanal, der ausserdem mit einem Zapfen oder einer Schraube verwahrt ist.

Wenn der Hahn ein Ventil (§. 459) hat, so muß dies dann aufgehoben werden.

Dieses Hineinlassen muß sehr langsam und allmälig geschehen, damit nicht die schnell einfahrende Luft durch den Stoß die im R. stehenden Geräthschaften beschädige.

§. 462.

Die Ventilpumpen haben bloß den Vorzug vor den Hahnpumpen, daß man mit ihnen geschwinder arbeiten kann, weil bei den Hahnpumpen jedesmal der Hahn gedreht werden muß. Hingegen schliessen die Hähne sicherer als die Ventile, und bei einem Hahne muß auch eine noch so sehr verdünnte Luft aus dem Recipienten in den Stiefel sich ausbreiten, da hingegen bei den Ventilpumpen dieses nicht mehr geschieht, so bald die Elasticität der Luft im R. zu schwach ist, das Ventil aufzustoßen. Auch kann man mit den Hahnpumpen sowohl verdichten, als verdünnen; mit den Ventilpumpen bloß verdünnen, wenn nicht bei diesen eine besondere Einrichtung Statt findet, welche das Werkzeug schwerer zu bearbeiten und kostbarer macht.

Haas's und Hurter's Einrichtung, das Bodenventil zu öffnen, damit, wie beim Hahn, auch die noch so sehr verdünnte Luft aus dem R. in den Stiefel treten müsse. Lichtenberg's Mag. für die Physik. III. 1. S. 97.

§. 463.

§. 463.

Die Hahnpumpen haben einen **schädlichen Raum** f h (fig. 68.), zwischen dem Boden des Stiefels p o und dem Hahn h. Dieser Raum bleibt beständig mit Luft angefüllt, welche die Dichtigkeit der äussern hat, weil der Kolben nur bis zum Boden reicht, und von der in diesen Raum hineingeschobenen Luft keine mehr hinausgeht, so bald die innere Luft nur noch eben die Dichtigkeit hat, als die äussere. Bei jeder neuen Verdünnung dehnt sich diese Luft in den ganzen Stiefel aus, und gestattet daher keinen höhern Grad der Verdünnung, als den, der durch das Verhältniß dieses schädlichen Raums zu dem des Stiefels bestimmt wird. Da man aber diesen schädlichen Raum leicht so klein machen kann, daß er kaum 0,0001 des Stiefelraums beträgt, so ist derselbe dann unbeträchtlich schädlich, weil die besten Luftpumpen aus andern Gründen kaum den zehnten Theil dieser Verdünnung erreichen. Es haben daher die Ventilpumpen in dieser Rücksicht um so weniger einen Vorzug, da auch sie (fig. 71.) einen, obwohl meist kleineren, schädlichen Raum e s zwischen dem Bodenventile und Kolbenventile haben.

§. 464.

Da die Luft eines Recipienten, indem der Kolben aufgezogen wird, sich in den Raum des Recipienten und Stiefels vertheilt (§. 388), so wird sie in dem Verhältnisse des größeren Volumens, das

sie

sie nun erhält, verdünnt (§. 57). Es sey der Raum des Recipienten = r, der des Stiefels (abgerechnet den Raum, den der Kolben einnimmt) = s, so ist beim ersten Zuge die Verdünnung

$$= \frac{r}{r+s}$$

Da die Luft, welche nach dem ersten Zuge im Recipienten blieb, durch den zweiten Zug sich abermals in den Recipienten und Stiefel vertheilt, also in denselben Verhältniß verdünnt wird, so ist die Verdünnung

bei dem 2ten Zuge $\left(\frac{r}{r+s}\right)^2$

bei dem 3ten Zuge $\left(\frac{r}{r+s}\right)^3$

u. s. w. allgemein bei den nten Zuge

$$\left(\frac{r}{r+s}\right)^n$$

Wenn z. E. der Stiefel dem Recipienten im Raume (unter dem aufgezogenen Kolben) gleich ist, so geht die Verdünnung in der Progression

$$\frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} : \frac{1}{16} : \frac{1}{32} : \frac{1}{64} \text{ u. s. w.}$$

wenn der Stiefel halb so groß ist, als der Recipient, so geht sie in der Progression

$$\frac{2}{3} : \frac{4}{9} : \frac{8}{27} : \frac{16}{81} : \frac{32}{243} : \frac{64}{729} \text{ u. s. w.}$$

fort.

§. 465.

Da dieser Ausdruck nie = Null werden kann, so ist schon deswegen die Guerickische Leere

re (*Vacuum* Guerickianum), d. h. die Luftleere, welche mit einer Luftpumpe bewirkt werden kann, niemals eine ganz vollkommene Luftleere, sondern nur ein Raum, der eine in sehr hohem Grade verdünnte Luft enthält. Allein in der Ausübung kann diese Verdünnung nicht einmal, so weit man will, getrieben werden, sondern man findet bei jeder Luftpumpe eine gewisse Gränze, über welche man nicht hinaus kann, so daß, nachdem diese erreicht worden, alles folgende Auspumpen vergeblich ist.

§. 466.

Der Grund davon liegt fürs erste in dem schädlichen Raume (§. 463), vermöge dessen die Verdünnung nicht weiter getrieben werden kann, sobald der Grad der Verdünnung dem Verhältnisse des schädli- Raums zum Raume des Recipienten und des Stiefels zusammengenommen gleich ist. Fürs andere wird, sobald die Luft im Recipienten und Stiefel in einem gewissen Grade verdünnt ist, der Druck der äussern Luft gegen die innere so sehr wenig elastische so groß, daß von jener, wo sie nur irgend einen Weg findet, in den innern Raum der Luftpumpe so viel eindringt, als hinreichend ist, um eine größere Verdünnung unmöglich zu machen. Einer dieser Wege ist der Zwischenraum zwischen dem Kolben und Stiefel; andere sind die Fugen, die Ventile, die Hähne, und bisweilen selbst Poren im Messing.

Je besser alle jene Vorsichtsregeln (§. 457. Note) befolgt sind, desto schwieriger ist der Eintritt der äussern Luft, und einen desto höheren Grad von Verdünnung kann man erreichen; indessen mögte doch wegen dieser nicht ganz zu sperrenden Wege, (die Dichtigkeit der äussern Luft = 1 gesetzt,) 0,001 die Gränze seyn, welche auch die besten Luftpumpen kaum überschreiten können; eine Gränze, welche weit tiefer liegt, als die, welche der schädliche Raum gestatten würde, da an einer guten Luftpumpe der schädliche Raum nicht 0,0001 des ganzen innern Raumes der Luftpumpe betragen wird. (Little behauptet jedoch mit seiner Luptpumpe einmal eine 26000malige Verdünnung erreicht zu haben. Gilbert's Annalen der Physik. VI. 1. S. 1.)

§. 467.

Ausserdem ist auch wohl zu merken, daß, so wie die Luft im Recipienten und Stiefel verdünnt wird, wegen des verminderten Druckes, aus dem Oele des Kolbens und der Fugenleder, aus dem Wasser des feuchten Leders unter dem Recipienten, aus dem Leder, aus Körpern, die unter dem Recipienten stehen, und vielleicht aus dem Messing selbst, sich **Dünste** entbinden, welche, so lange sie im Dunstzustande bleiben, in Rücksicht auf Druck, wie verdünnte Luft wirken können.

§. 468.

Dieses zeigt sich insbesondere bei der **Barometerprobe**, deren man sich bedient, um den Grad der Verdünnung der Luft zu messen. Sie zeigt

auch bei der größten Verdünnung der Luft in den Luftpumpen, allemal noch einigen Druck an. Da dieser aber nur einestheils von der allemal noch im Recipienten übrigen Luft, anderntheils hingegen von den elastischen Dünsten herrührt, welche sich bei vermindertem Luftdrucke entwickelt haben, so dient sie bloß die Elasticität des noch in der Luftpumpe befindlichen elastisch-flüssigen, nicht aber die Quantität der noch übrigen Luft selbst, zu messen, und wird daher auch **Elasticitätszeiger** genannt.

Die eine Art der Barometerprobe (**Mairan's** *Barometre tronqué*) besteht in einem **kleinen** (Gefäß- oder Heber-) **Barometer**, welches man **unter den Recipienten** stellt. Die Röhre darf nur einige Zolle lang seyn, da es nicht darauf ankommt, geringe Verdünnungen zu messen, bei denen das Quecksilber noch einige Zolle hoch steht. Wie die Verdünnung groß wird, fällt das Quecksilber allmälig auf 6''', 5'''........ herab. Wenn die Luftpumpe eine Torricellische Leere hervorbrächte, so würde es auf 0 fallen; man wird es aber in der Guerickischen Leere nicht leicht unter 3''' herabbringen. — Ein Heberbarometer, ausgekocht, ist besser, als ein Gefäßbarometer, weil bei diesem das aus der Röhre ins Gefäß fallende Quecksilber von dem in diesem enthaltenen Luft empfangen und nachher mit sich in die Röhre führen kann.

Die andre Art (von **Hawksbee** zuerst angewandt) besteht in einem über 30'' **langen Gefäßbarometer**, welches **aussen an der Pumpe** angebracht ist, indem die Röhre oben, wo am eigentlichen Barometer die Torricellische Röhre ist, in den Hals der Pumpe so über-

geht,

geht, daß sie mit dem Recipienten Gemeinschaft hat, und die Guerickische Leere statt der Torricellischen dient. Wie die Luft verdünnt wird, steigt das Quecksilber mit jedem Zuge, mit den ersten mehr, mit den folgenden nach und nach weniger, weil der Unterschied der absoluten Elasticität der inneren Luft immer kleiner wird, endlich auf 26″, 27″, ... so daß es nicht ganz die Höhe des Standes im eigentlichen Barometer erreicht. Um zu verhüten, daß nicht Quecksilber in die Pumpe steige, (indem es, obwohl der Druck der Luft es hier nicht einmal auf 28″ heben kann, doch in der Bewegung vermöge der Trägheit jedesmal höher steigt, als dahin, wo sein Druck + dem Druck der verdünnten Luft in der Pumpe dem Drucke der äussern Luft das Gleichgewicht hält und dann bis dahin wieder fällt,) muß die ganze Röhre wenigstens 30″ lang, besser noch etwas länger, und der oberste, über 28″ stehende, Theil auf 1″ erweitert seyn, damit das etwa bis dahin steigende Q. daselbst sich ausbreiten könne. Auch muß ein besonderer messingener Kanal das obere Ende des Barometers mit dem Pumpenhalse verbinden, und derselbe einen Senguerdschen Hahn haben, um die Gemeinschaft des Barometers mit der Pumpe hemmen und sperren zu können.

Smeaton's Barometerprobe ist ein Heberbarometer, dessen äusserer Schenkel länger, als am Barometer mit Torricellischer Leere, und dessen äusserer Schenkel am Ende zugeschmolzen ist. Es soll dienen, auch bei der Verdichtung den Grad derselben zu messen. Wenn der äussere Schenkel offen bleiben soll, muß er sehr lang, nur für 4fache Verdichtung schon 84″ lang seyn, indem (84 + 28) = (28·4) ist.

§. 469.

Die Quantität der nach eine Zeitlang fortgesetzter Verdünnung noch in der Luftpumpe übrigen Luft zu messen, dient die **Birnprobe**, ein offener im Recipienten stehender Behälter, dessen Luft mit der im R. gleichmäßig verdünnet wird, und in welchen nachher der äussere Luftdruck Quecksilber hinein treibt, so daß die darin übrige Luft auf die Dichtigkeit der äussern zusammengedrückt wird. Da die Herstellung des äussern Luftdrucks die entstandenen Dünste wieder niederschlägt, so ist das, was hier elastisch bleibt, bloß die Luft, und man kann daher mit diesem Werkzeuge die Verdünnung der Luft wirklich messen.

Smeaton hat zuerst dieses Werkzeug (engl. *Peargage*) angegeben und dadurch diesem Theile der Experimentalphysik eine wichtige Bereicherung verschafft. Das gläserne Gefäß a b c (fig. 73.), an welchem a b eine kylindrische kalibrirte Röhre, nicht über 0,5‴ im Lichten im Durchmesser, in a geschlossen, bc eine kuglichte oder birnförmige Erweiterung (die Birn), in c einige Linien weit offen ist, werde mit ausgekochtem Quecksilber gefüllt, und das hineingehende Quecksilber = B genau gewogen. Dann werde bloß die Röhre a b gefüllt, das hineingehende Quecksilber = r abermals gewogen. So findet man, da die Massen B : r sich gerade so verhalten, wie die Volumina, (indem beides einerlei Materie ist,) das Verhältniß des Raums des ganzen Gefäßes = B zum Raum der Röhre = r, oder B : r. Dann kann man die Röhre a b der Länge nach in Tausendtheile des ganzen Gefäßes a b c eintheilen, mit einer Scale, die man auf der Platte verzeichnet, auf welcher das Gefäß

fäß befestigt ist. Mittelst einer oben an der Platte angebrachten Hülse läßt sich die ganze Birnprobe an den Stab des Wirbels (§. 457) eines dazu gehörenden Recipienten fest stecken, so daß sie auf- und niedergeschoben werden kann. Man stelle in diesen Recipienten, indem er, so wie die Birnprobe, gemeine Luft enthält, ein Quecksilber enthaltendes Gefäß, so daß die Birnprobe frei über dem Spiegel d e des Q. steht. Nachdem die Verdünnung so weit getrieben worden, als die Luftpumpe vermag, schiebe man mit dem Wirbel die Birnprobe nieder, so tief als das Gefäß d e f g gestattet; dann lasse man die äussere Luft allmälig hinein (§. 461), so drückt diese das Q. so hoch in die Birnprobe hinauf, bis die oben unter a befindliche Luft derselben die Dichtigkeit der äussern hat. Man kann also nun messen, wie viel Tausendtheile derjenigen Luft noch in der Birnprobe sind, die vor dem Versuche in derselben war.

Soll aber diese Probe Genauigkeit gewähren, so muß die Birnprobe so tief im umgebenden Q. stehen, daß der innere und äussere Spiegel gleich hoch stehen (§. 425). Hat dazu das äussere Q. nicht Tiefe genug, so muß man die Birnprobe im R. in die Höhe ziehen, damit das Q. aus der Birn herausfalle, und nur das in der engen Röhre hängen bleibe; dann diese horizontal legen, damit der äussere Luftdruck das Q. gar nicht zu tragen habe, und so das Volumen der noch in der Birnprobe befindlichen Luft messen.

Schmidt (in Giessen) über die Mittel die Trüglichkeit der Birnprobe zu vermeiden in **Gren's** neuem Journal der Physik. III. 2. S. 150.

§. 470.

§. 470.

Ausser den beiden Versuchen mit der Barometer- und Birnprobe, lassen sich mit der Luftpumpe noch viele und mancherlei andere Versuche anstellen, welche theils zur Lehre von der Luft, theils zu anderen physikalischen Lehren gehören. Am leichtesten wirkt dabei sowohl von innen als von aussen nur die gemeine **atmosphärische Luft**; und für die meisten Betrachtungen ist es auch hinlänglich mit dieser an der Luftpumpe Versuche anstellen, indem sie in den allgemeinen Eigenschaften der Luft mit anderen Luftarten übereinkommt.

Zur Lehre vom **Widerstande**: ein **Ducaten** und eine **Pflaumfeder** fallen im luftleeren Raume zugleich nieder. Ein Stück **Korkholz**, vorher in der Luft mit einem **Bleigewichtchen** im Gleichgewicht stehend, giebt im luftleeren Raume einen Ausschlag (§. 306).

Zur Lehre von der **Luft**: **Verstärkung des Drucks von aussen** bei der Verdünnung der inneren Luft. Das Festsitzen des **Recipienten** am Teller der Luftpumpe. Die **Magdeburgischen Halbkugeln** (§. 367). Das Zersprengen einer **Glasscheibe**, einer **Blase** (§. 397); das Treiben des Quecksilbers durch Holz (§. 399) ꝛc. Der **Heber** fließt nicht im luftleeren Raume (§. 431).

Ausdehnung innerer Luft bei gemindertem äussern Drucke: das Anschwellen einer **Blase** (§. 392. b.). Das Steigen eines an eine Blase gebundenen **Bleigewichts** im Wasser (Ebend.). Der im luftleeren Raume springende **Heronsball** (§. 393). **Cartesianische Teufelchen**, die vorher bis zum Sinken mit Wasser angefüllt sind, steigen unter der Luftpumpe im Wasser empor,

vor, indem ihre innere Luft sich ausdehnt, und ihr Wasser heraustreibt. Das Austreten der Luft aus Röhren, deren Mündung im Wasser steht (§. 399), aus **Holz** (§. 399), das nachher beim Zutritt der äussern Luft im Wasser sinkt (§. 377).

Entstehung von Gas bei gemindertem äussern **Drucke**: aus Bier, Aepfeln ꝛc.

Zur Lehre von der **Wärme**: **Naphtha** siedet unter der Luftpumpe bei gemeiner Temperatur, und macht dabei **Kälte**, so daß Wasser gefriert.

Zur Lehre vom **Schall**: der Klang einer **Glocke**, die im luftleeren Raume steht, wird nicht mehr gehört.

Zur Lehre von der **Verbrennung**: ein **Feuerzeug** giebt keine Funken, eine brennende **Kerze** verlöscht.

§. 471.

Um atmosphärische Luft zu **wägen**, bediene man sich einer hohlen Kugel von starkem Glase, welche einen starken offenen Hals hat, auf welchen eine messingene, mit einem Hahne versehene Röhre luftdicht aufgekittet ist. Man bringe sie mit einer guten stark verdünnenden Luftpumpe in die gehörige Verbindung, pumpe die darin befindliche Luft, so viel es (mit dieser Luftpumpe) möglich ist, heraus, schliesse den Hahn, hänge sie an den einen Arm des Balkens einer hinlänglich starken, doch feinen Wage, und beschwere die am andern Arme hängende Schaale mit so viel Gewicht, daß die Zunge genau inne steht; dann öffne man den Hahn ein wenig: die atmosphärische Luft wird mit einem pfeifenden Tone langsam hineinfahren, bis die Kugel dermaassen

sen mit ihr angefüllt ist, daß die hineingetretene Luft und die äussere gleiche Elasticität haben. Wie die äussere Luft hineintritt, zeigt das Sinken der Kugel eine merkliche Vermehrung des Gewichts an. Man öffne zulezt den Hahn ganz, den Zutritt völlig frei zu machen, und bemerke nun, wie viel Gewicht p man zu dem Gegengewichte zulegen muß, um das Gleichgewicht herzustellen. Dieses Gewicht p ist das Gewicht der hineingetretenen Luft.

Wenn eine andere Luft gewogen werden soll, so geschieht das Auspumpen der atmosphärischen Luft eben so; aber zum Hineinlassen der anderen dient eine (der Ehrmannischen Schmelzmaschine ganz ähnliche) Vorrichtung. Ueber einer mit einem Gas gefüllten Flasche steht ein mit Wasser gefüllter Becher, dessen Hals luftdicht in die Flasche schließt, und einen Hahn, wie Tab. IV. fig. 74. hat. Wie dieser Hahn geöffnet wird, so fällt aus dem Becher das Wasser durch die gerade Oeffnung herunter und drängt die Luft durch die rechtwinklicht gebogene cd heraus. Man stecke an cd eine Röhre, welche an die Röhre des Recipienten angeschraubt werden kann, so geht, wenn der Hahn dieser Vorrichtung und der Hahn des Recipienten geöffnet werden, die Luft in den Recipienten über.

Da aber der Recipient nicht ganz luftleer gemacht werden kann (§. 464), so muß man, um aus diesem Gewicht p das Gewicht eines Kubikzolles Luft zu bestimmen, vorher durch Versuche mit der Birnprobe finden, auf wie viel höchstens (mit einer gewissen Zahl von Zügen oder auf einen gewissen Stand ihres Barometers) die Pumpe verdünnt; die Zahl, welche die Verdünnung an-

zeigt (x), in das Volumen A des Recipienten (in Kubikzollen ausgedrückt) dividiren, und den Quotienten von dem ganzen Volumen abziehen, so ist der Rest

$$A - \frac{A}{x}$$

die Zahl der Kubikzolle, welche zusammen das Gewicht p haben, woraus sich durch Division das Gewicht eines Kubikzolls ergiebt.

Da die Luft durch Wärme ausgedehnt wird, so muß bei diesem Wägen jedesmal die **Temperatur** angemerkt werden; das Gewicht verschiedener Gasarten zu vergleichen, muß man sie bei gleicher Temperatur abwägen (§. 421), oder eine (unten im Kap. von der Wärme angegebene) Berichtigung anwenden.

Und da das Volumen der in den Recipienten eingelassenen Luft auch vom Drucke der Atmosphäre abhängt, so muß man den Barometerstand (§. 435) anmerken, die Vergleichung verschiedener Gasarten bei einerlei Barometerstande anstellen (§. 423), oder die nöthige Berichtigung anbringen (§. 450.b.).

Schon **Aristoteles** hat Luft gewogen (*de Coelo*. IV. 4. *Opp*. Aurel. 1607. p. 678.). S. **Erman's** Kritik dieser Stelle in **Gilbert's** Annalen der Physik. XVI. 4. S. 385.

Warum man in einer **Blase** oder andern schlaffen Hülle Luft nicht wägen kann?

§. 472.

Wegen der Wichtigkeit dieses Werkzeuges für die Experimentalphysik haben die Physiker seit der Erfindung desselben fast gewetteifert, um demselben immer mehr Vollkommenheit zu geben, theils um

die

die Verdünnung höher als vorher, zu treiben, theils um die Versuche leichter und bequemer anzustellen.

Otto von Guericke's erste Luftpumpe.

Senguerd's Luftpumpe mit dem schiefliegenden Stiefel, und dem von ihm angegebenen Hahne. **Wolff's** nützl. Vers. I. S. 112.

Hawksbee's Luftpumpe mit doppeltem Stiefel und Ventilen (*Act. erud. Lips.* Suppl. T. V. p. 403.) und **Leupold's** Verbesserung (deutl. Beschr. der Luftpumpe. Erste Forts. Leipz. 1711. 4.).

Nollet's Luftpumpe mit dem (schon von **Papin** angegebenen) Steigbügel, dem Ventil auf dem Senguerdschen Hahne (*Leçons de physique exp.* III. Sec. X.).

Smeaton's Luftpumpe (*A letter concerning some improvements made in the airpump* in den *philos. Transact.* XLVII. n. 69. p. 415. mit den von **Nairne** und **Blunt** angebrachten Verbesserungen). **Lichtenberg's** vierte Ausgabe von **Erxleben's** Naturlehre. Gött. 1787. 8. nach der Vorrede. S. 40 fgg.). Der Stiefel und Kolben haben Ventile, wie die Hawksbeesche Pumpe (fig. 71). Aber ausserdem hat der Deckel des Stiefels ein Ventil in f, welches die Stiefelluft hinaus, hingegen keine äussere hineinläßt. Dadurch wird der Gang des Kolbens erleichtert, weil die äussere Luft nicht auf ihn drücken kann. Zu dem Teller gehen zwei Kanäle, deren jeder einen Senguerdschen Hahn hat, einer von g, der andere von f aus. Wenn in dem von g aus der Hahn, wie fig. 69. und in dem von f aus, wie fig. 70. aber mit n nach dem Stiefel, steht, so wird die Luft im Recipienten **verdünnt**, wenn in dem von f aus der Hahn wie fig. 69. und in dem von g aus, wie fig. 70. steht, so wird die Luft im R. **verdichtet**.

Cuthbertson's Luftpumpe ohne Hähne und Ventile mit Stöpseln und Oelladen zur Vermeidung des schädlichen Raums (Samml. zur Phys. und Naturg. IV. 1. 2. S. 83.).

Von allen diesen Pumpen hat eine treffliche kritische Geschichte geliefert **Gehler** in s. phys. Wörterbuch Art. **Luftpumpe.**

J. G. F. Schrader's Luftpumpe mit metallenen **Kegelventilen** (Beschr. einer neuen und vollk. Einrichtung der Luftpumpe. Leipz. 1791. 8. Auszug in **Gren's** Journal der Physik. II. S. 357.).

Andere Einrichtungen zur Vermeidung des schädl. Raums: **Sadler's** (**Gilbert's** Annalen der Physik. I. 3. S. 356), **Prince's** (Eb. S. 357), **Parrot's** (**Voigt's** Magazin für die Naturkunde. III. I. 182.) **Otteny's** (Intell. Blatt der allg. Lit. Zeitung. 1805. Num. 145.).

Little's Luftpumpe (Eb. VI. I. 1.).

v. Martinowich's Luftpumpe, um die G. Leere in chemischer Rücksicht anzuwenden in den Beitr. zu **Crell's** chem. Annalen. V. 2. S. 131.

Nathan Mendelssohn's Luftpumpe mit gläsernen Stiefeln und metallenen Kolben ohne Liederung. (**Gilbert's** Annalen XXII. 1. S. 96.)

Maria Clemens Baader's Quecksilberpumpe (**Hübner's** phys. Taschenb. 1. Jahrg. 4tes Vierth. Salzb. 1784. S. 650).

Hindenburg's (bei weitem brauchbarere) Quecksilberpumpe (*Antliae novae hydraulico-pneumaticae mechanismus et descriptio.* Lips. 1787. 4.)

Sadler's Oelpumpe. (**Gilbert's** Annalen der Physik. I. 3. S. 352.)

§. 473.

§. 473.

Wenn es bloß darauf ankommt, die Luft zu verdichten, so kann dazu eine einfache **Compressionspumpe** dienen. Sie besteht aus einem metallenen hohlen Kylinder, in welchem ein geölter Stempel auf- und niedergeht: an der Mündung hat sie eine Schraube, welche in eine Schraubenmutter des Gefäßes schließt, in welchem die Luft zusammengedrückt werden soll. Nahe am obern Ende ist eine kleine Seitenöffnung. Das Gefäß, in welchem die Luft zusammengedrückt werden soll (**Luftflasche**), sey eine metallene Kugel, mit einer Oeffnung, welche jene Schraubenmutter hat; an der inwendigen Seite derselben muß ein **Federventil** liegen, d. h. eine metallene mit geöltem Leder unterlegte Platte, welche durch eine Spiralfeder, die sich gegen einen Bügel stemmt, gegen die Oeffnung angedrückt wird. Wie der Stempel zurückgezogen wird, so entsteht zwischen ihm und dem Ventile ein (unvollkommener) luftleerer Raum; sobald er über jene Seitenöffnung hinauf kommt, fährt äussere Luft hinein. Wie er niedergedrückt wird, stößt die dadurch zusammen gedrückte Luft das Ventil auf, und fährt in das Gefäß. Durch abwechselndes Aufziehen und Niederdrücken des Stempels wird immer neue Luft eingefangen und ins Gefäß getrieben u. s. w. und dadurch die Luft in demselben immer mehr verdichtet (§. 389).

Winkler's Compressionspumpe (Anfangsgr. der Physik. Leipz. 1754. S. 130).

§. 474.

§. 474.

Wie stark die Luft durch eine Compressionspumpe verdichtet werde, ergiebt sich aus dem Verhältnisse des Raumes des Gefäßes, in das die Luft getrieben wird, zu dem Raume des Kylinders der Pumpe. Jener heisse r, dieser s, die Zahl der Züge n, so ist die Verdichtung

$$\frac{r + ns}{r}$$

der Kylinder sey z. E. $\frac{1}{4}$ des Gefäßes, so ist bei 12 Zügen die Verdichtung

$$\frac{4 + (12.1)}{4} = \frac{16}{4} = 4$$

d. h. die Luft 4mal dichter, als die äussere.

§. 475.

Aus der Luftflasche, in welcher die Luft ist zusammengedrückt worden, kann man die Luft wieder heraus lassen, durch eine (andere) Oeffnung, welche entweder mit einem Hahne oder mit einem ähnlichen Ventile versperrt ist. Der Hahn wird durch Umdrehen geöffnet, das Ventil durch Niederdrücken. Das leztere geschieht bei der **Windbüchse** (*Sclopetum pneumaticum*, Fusil a vent), welche wie ein Feuergewehr gestaltet, aber so eingerichtet ist, daß durch Losdrücken des Schlosses das gegen den Lauf liegende Ventil auf einen Augenblick geöffnet wird, worauf ein Theil der in der Luftflasche (welche hier

Windkammer heißt) eingesperrten Luft herausfährt, und weil sie viel elastischer ist, als die äussere, die im Lauf steckende Kugel herausstößt.

Verschiedene Einrichtungen der Windbüchsen.

Je mehr Luft in die Luftflasche gepreßt wird, desto größer wird ihre Elasticität (§. 389), und desto stärker drückt sie selbst die Ventile von innen zu. Aber sie strebt auch desto stärker, die ganze Flasche zu zersprengen, weshalb solche Luftflaschen sehr stark seyn müssen. Vor 3 Jahren zersprang mir eine aus zwei starken kupfernen Halbkugeln bestehende mit Schlagloth gelöthete Luftflasche bei starker Verdichtung der Luft mit großem Knall auseinander, so daß ungefähr die Hälfte des Loths zu einem gezahnten Rachen zerriß.

Wenn das Ventil nur einen Augenblick hineingedrückt, oder der Hahn nur einen Augenblick geöffnet wird, so fährt nur ein Theil der enthaltenen Luft heraus, und man kann daher mit einem Vorrath Luft vielemale schiessen, ohne neue einzupumpen. Allein es nimmt auch jedesmal die Dichtigkeit (§. 389), mithin die Elasticität und Kraft des Schusses ab.

* *
*

Christ. Wolff *elementa aërometriae.* Lips. 1709. 4.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Fab. I.

Fig. 5.
b
e
x
Fig. 2.
c
Fig. 15.
b
c
e
h
Fig. 3.
g
q
c d e f
b
Fig. 11.
e
h
Fig. 16.
q
Fig. 10.
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
A
X
z
e
b
q
p
g
c
h
i
d

Tab. II.

Tab. III.

Fig. 66.
Fig. 67.
Fig. 69.
Fig. 70.
Fig. 71.
Fig. 72.
Fig. 85.
Fig. 86.
B
R
A
E
W
G
L
180.
150.
120.
60.
90.
120.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Hildebrandt, Friedrich, 1764-1816

Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre

Bd.: 1

Erlangen (1807)

Phys.g. 172 a-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10131213-5